

Otimização do tempo de vida útil de fruta fresca pré-cortada como acompanhamento de iogurtes

Cheila Carina Rainho do Rio

Mestrado em Ciências do Consumo e Nutrição

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

2015

Orientadora: Doutora Susana Caldas Fonseca, Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador: Doutor Luís Miguel Cunha, Professor Associado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

U. PORTO



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO
UNIVERSIDADE DO PORTO

U. PORTO

FC

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

É com uma grande percepção que afirmo que a elaboração deste trabalho só foi possível devido ao contributo, disponibilidade, atenção e apoio de várias pessoas e aqui, aproveito para demonstrar a minha humilde, mas enorme gratidão:

À minha orientadora, Doutora Susana Caldas Fonseca, por me fazer conseguir realizar e, terminar, mais uma etapa tão importante na minha vida. Agradeço a disponibilidade para orientar este projeto, o apoio, a dedicação, a confiança que depositou em mim e por me fazer querer e ser sempre melhor.

Ao meu coorientador Doutor Luís Miguel Cunha, pela disponibilidade e por toda a partilha de conhecimento.

A todos os professores, funcionários e colegas do Laboratório do Campus Agrário de Vairão, pela disponibilidade, ajuda, apoio e acolhimento. A todos devo a minha formação.

À minha amiga Paula Pereira, pela paciência, por acreditar, por todo apoio e pela verdadeira amizade.

À Rafaela Mota, pelos intermináveis desabafos, constante partilha e incentivo.

Ao Pedro, pela paciência, apoio, encorajamento e amor.

Aos meus pais por toda a paciência e por investirem em mim. Agradeço todo o apoio e confiança incondicionais. Com esta etapa terminada, fica a vontade de retribuir de alguma forma toda a dedicação e carinho.

Às minhas irmãs, por nunca me terem deixado desistir, por acreditarem e por estarem sempre presentes na minha vida!

Resumo

A preocupação com a saúde e com o tempo cada vez mais escasso, na preparação dos alimentos, conduz o consumidor para a procura de alimentos mais saudáveis e convenientes, ou prontos-a-comer, de modo a facilitar a preparação de refeições em casa. Sendo assim, produtos prontos-a-comer, que contenham fruta fresca pré-cortada, são uma grande aposta atualmente e têm vindo a expandir-se globalmente, e muito rápido, no mercado. No entanto, a fruta fresca pré-cortada apresenta uma taxa de deterioração muito rápida o que provoca uma diminuição da qualidade e do tempo de vida útil do produto. Por isto, é muito importante estudar e encontrar técnicas para otimizar a qualidade da fruta fresca pré-cortada para, consequentemente, alargar o tempo de vida útil.

Tentando resolver este problema, o presente trabalho teve como objetivo a otimização de tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada para o acompanhamento de iogurtes. Para isso, foi feita, inicialmente uma caracterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e de iogurtes de bicompartimentados no qual se estudou o que existia, atualmente, de fruta fresca pré-cortada e de iogurtes bicompartimentados, principalmente na grande distribuição; de seguida analisou-se a qualidade de maçãs e morangos cortados armazenados a temperaturas baixas numa embalagem de vidro e, ainda, se verificou a eficácia do tratamento térmico moderado na preservação da qualidade da fruta fresca pré-cortada e a possibilidade desta técnica para aumentar o tempo de vida útil. Por fim, foi feita uma simulação dos gases dentro da embalagem hermeticamente fechada com o objetivo de estudar as variáveis que influenciam o sistema produto alimentar-embalagem em atmosfera modificada, desenvolver modelos preditivos simples e validar as simulações desenvolvidas com os resultados experimentais para a maçã e para os morangos e assim utilizar esses modelos preditivos na avaliação do tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada e viabilidade deste novo produto.

Durante todo o trabalho laboratorial foi analisado a concentração dos gases da atmosfera dentro dos frascos de vidro; controlou-se a perda de massa da fruta fresca pré-cortada; mediu-se a cor instrumentalmente obtendo as coordenadas L^* , a^* e b^* e, consecutivamente, calculou-se a diferença de cor (ΔE) e foi feita uma inspeção sensorial relativamente à cor acastanhada, cheiro desagradável e exsudação nos pedaços de maçã e à cor, cheiro desagradável e podridão nos pedaços de morango.

Assim, concluiu-se que no mercado ainda não existe uma grande variedade de produtos que contenham fruta fresca pré-cortada, encontra-se apenas fruta liofilizada misturada em iogurtes; relativamente aos iogurtes apenas se encontrou iogurtes

bicompartmentados com cereais e fruta liofilizada.

Relativamente ao trabalho laboratorial conclui-se que para temperaturas de armazenamento mais baixas o tempo de vida útil da fruta é ligeiramente maior e que os tratamentos térmicos moderados apresentam algumas vantagens como uma técnica de preservação de fruta-fresca cortada, no entanto neste estudo isso não foi comprovado nem demonstrado, antes pelo contrário apresentou desvantagens relativamente à cor. Obtendo-se no final, do estudo sem tratamento térmico, 9 dias para a maçã armazenada a 0 °C com 0,3 % de O₂ e 21,5 % de C_{O2}; 6 dias a 5 °C com 0,028 % de O₂ e 23,5 % de C_{O2} num primeiro estudo e 0,07 % de O₂ e 22,8 % de C_{O2} num segundo estudo e, por fim, a 2 °C obteve-se 6 dias com 0,4 % de O₂ e 17,9 % de C_{O2}. Com tratamento térmico, obteve-se 10 dias a 0 °C com O₂ entre 1,1 e 2,5 % e C_{O2} entre 17,3 e 18,5 %. Para o morango, sem tratamento térmico, obteve-se 3 dias a 0 °C e a 5 °C com 7,3 % de O₂ e 10,0 C_{O2} e 0,009 % de O₂ e 21,8 % de C_{O2}, respetivamente. Com tratamento térmico, obteve-se 3 dias a 0 °C com O₂ entre 0,9 % a 8,2 % e de C_{O2} entre 10,2 % a 14,2 %.

Por fim, sugere-se mais pesquisas e estudos para encontrar técnicas mais eficazes na otimização da qualidade e aumentar o tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada.

Palavras-chave: Atmosfera modificada, fruta fresca pré-cortada, taxa de respiração, tempo de vida útil.

Abstract

The apprehension for health and the increasingly scarce time for food preparation leads the consumer to the demand for healthier and convenient foods and ready-to-eat products, in order to facilitate the preparation of meals at home. Thus, ready-to-eat products, containing fresh-cut fruits, are a big bet now and have been expanding globally, and very fast in the market. However, fresh-cut fruits has a rate and rapid deterioration which causes a decrease in the quality and shelf life of the product. Therefore, it is very important to study and find techniques to optimize the quality of fresh-cut fruits to there by extend the shelf life.

Trying to solve this problem, this study aimed to objective the optimization of shelf life the fresh-cut fruits for monitoring yogurts. For this, it made initially a characterization of the Portuguese market of fresh-cut fruit and the yoghurt in which they studied what existed currently in fresh-cut fruit and yogurts, particularly in retailing and distribution; then examined whether the quality of cut apples and strawberries stored at low temperature in a glass container, and also to demonstrate efficacy of the moderate heat treatment on the preservation of the quality of fresh-cut fruits and the ability of this technique to increase lifetime. Finally, a simulation of gases was made inside the unopened packaging in order to study the variables that influence the system food-packaging products in modified atmosphere, develop simple predictive models and validate simulations developed with the experimental results for apple and strawberries and thus use these predictive models useful in assessing the lifetime of the fresh-cut fruit and feasibility of this new product.

Throughout the laboratory work was analyzed the concentration of atmospheric gases within the glass bottles; controlled the mass loss of the fresh-cut fruits; was measured instrumentally color obtaining the coordinates L^* , a^* and b^* and consecutively calculated the color difference (ΔE) and a sensory inspection respect to brownish color, unpleasant odor and exudation in the apple pieces has been made and color, unpleasant smell and rot in strawberry pieces.

Thus, it was concluded that the market still does not exist a wide variety of products containing fresh-cut fruit, is just mixed in lyophilized fruit yogurt; relative to yoghurt was found only with cereals and yogurt with fruit lyophilized.

For the laboratory work is concluded that for lower storage temperatures useful life of the fruit is slightly larger and that the moderate heat treatment have some advantages such as a fruit, fresh cut preservation technique, however in this study do not It has been proven not shown, on the contrary presented disadvantages with regard to color. Getting up the end of the study with no heat treatment for 9 days

apples stored at 0 °C with 0,3 % O₂ and 21,5 % C_{O2}; 6 days at 5 °C with 0,028 % of O₂ and 23.5 % C_{O2} in the first study and 0,07 % of O₂ and 22,8 % C_{O2} in a second study and, ultimately, at 2 °C there was obtained 6 days with 0,4 % O₂ and 17,9 % C_{O2}. With heat treatment, there was obtained 10 days at 0 °C with O₂ between 1,1 and 2,5 % C_{O2} and between 17,3 and 18,5 %. For strawberry, without heat treatment, there was obtained 3 days at 0 °C to 5 °C in 7,3 % O₂ and C_{O2} 10.0 % O₂ and 0,009 % C_{O2} and 21,8 %, respectively. With heat treatment, there was obtained 3 days at 0 °C with O₂ between 0,9 % to 8,2 % and C_{O2} from 10,2 % to 14,2 %.

Finally, it is suggested further research and studies to find more efficient optimization techniques in the quality and increase the shelf life of the fresh-cut fruit.

Keywords: fresh-cut fruits, modified atmosphere, respiration rate, shelf life.

Índice

Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras.....	xii
Nomenclatura.....	xvii
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento teórico.....	3
2.1. Fruta fresca pré-cortada.....	3
2.2. Qualidade da fruta fresca pré-cortada.....	4
2.2.1. Alterações fisiológicas.....	5
2.2.1.1. Taxa de respiração.....	5
2.2.1.2. Produção de etileno.....	6
2.2.1.3. Dano pelo corte.....	7
2.2.1.4. Escurecimento enzimático.....	7
2.2.1.5. Perda de água.....	8
2.2.2. Composição nutricional e benefícios na saúde do consumidor.....	9
2.2.3. Microbiologia da fruta fresca pré-cortada.....	9
2.3. Técnicas de preservação da fruta fresca pré-cortada.....	10
2.3.1. Armazenamento a temperaturas baixas.....	11
2.3.2. Embalagem em atmosfera modificada.....	11
2.3.3. Tratamentos antioxidantes.....	14
2.3.4. Técnicas de higienização.....	14
2.3.4.1. Cloro e compostos de cloro.....	15
2.3.4.2. Água eletrolisada.....	15
2.3.4.3. Peróxido de Hidrogénio.....	16
2.3.4.4. Radiação UV-C.....	16
2.3.5. Tratamentos térmicos moderados.....	17
3. Procedimento Experimental.....	19
3.1. Caracterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e iogurtes de bicompartimentados.....	19
3.2. Análise da qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes.....	20
3.2.1. Estudo com maçã sem tratamento térmico.....	20
3.2.2. Estudo com maçã com tratamento térmico.....	21
3.2.3. Estudo com morango sem tratamento térmico.....	21
3.2.4. Estudo com morango com tratamento térmico.....	22
3.2.5. Medição da composição dos gases no interior da embalagem.....	23
3.2.6. Medição da cor instrumentalmente.....	23
3.2.7. Inspeção sensorial.....	23
3.3. Simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem	

hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes	24
3.3.1. Estudo da Embalagem.....	24
3.3.2. Seleção de um modelo matemático para a taxa de respiração em função da temperatura.....	26
3.3.2.1. Maçã.....	26
3.3.2.2. Morango	26
4. Resultados e Discussão.....	27
4.1. Caraterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e iogurtes bicompartimentados.....	27
4.1.1. Fruta fresca pré-cortada.....	27
4.1.2. Iogurtes bicompartimentados	29
4.1.3. Empresas portuguesas de fruta fresca pré-cortada	30
4.1.4. Instituições internacionais ligadas ao setor da fruta fresca pré-cortada.....	31
4.2. Análise da qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes.....	32
4.2.1. Estudo com maçã sem tratamento térmico	32
4.2.2. Estudo com maçã com tratamento térmico.....	46
4.2.3. Estudo com morango sem tratamento térmico.....	54
4.2.4. Estudo com morango com tratamento térmico.....	59
4.3. Simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes	65
4.3.1. Estudo da Embalagem.....	65
4.3.2. Seleção de um modelo matemático para a taxa de respiração em função da temperatura.....	66
4.3.2.1. Maçã	66
4.3.2.2. Morango	69
5. Conclusão	72
6. Referências Bibliográficas	74
7. Anexos	91

Lista de Tabelas

Tabela I – Fruta classificada de acordo com o comportamento respiratório durante o amadurecimento.

Tabela II – Fatores que afetam a perda de água.

Tabela III – Mistura de gases aplicada em embalagens de atmosfera modificada em alguma fruta.

Tabela IV – Taxa de respiração do morango inteiro.

Tabela V - Valores das densidades dos principais componentes e um alimento a 4 °C.

Tabela VI - Tabela de composição dos alimentos (adaptada pelo Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge).

Tabela VII – Densidade real para a maçã sem casca e morango inteiro a 4 °C.

Tabela VIII – Resultados obtidos no estudo de mercado de iogurtes bicompartimentados.

Tabela IX – Temperatura nas câmaras de armazenamento no 1º estudo da maçã.

Tabela X – Temperatura nas câmaras de armazenamento no 2º estudo da maçã.

Tabela XI – Perda de massa ao longo do 1º estudo da maçã.

Tabela XII – Perda de massa ao longo do 2º estudo da maçã.

Tabela XIII – Concentração gases dentro da embalagem, no 1º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Tabela XIV – Concentração gases dentro da embalagem, no 2º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Tabela XV – Medição da cor, no 1º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Tabela XVI – Medição da cor, no 2º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Tabela XVII – Inspeção sensorial do 1º estudo da maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Tabela XVIII – Inspeção sensorial do 2º estudo da maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Tabela XIX – Análise estatística do y_{O_2} para o 1º estudo da maçã.

Tabela XX – Análise estatística do y_{O_2} para o 2º estudo da maçã.

Tabela XXI – Análise estatística do y_{CO_2} para o 1º estudo da maçã.

Tabela XXII – Análise estatística do y_{CO_2} para o 2º estudo da maçã.

Tabela XXIII – Análise estatística do L^* para o 1º estudo da maçã.

Tabela XXIV – Análise estatística do L^* para o 2º estudo da maçã.

Tabela XXV – Análise estatística do a^* para o 1º estudo da maçã.

Tabela XXVI – Análise estatística do a^* para o 2º estudo da maçã.

Tabela XXVII – Análise estatística do b^* para o 1º estudo da maçã

Tabela XXVIII – Análise estatística do b^* para o 2º estudo da maçã.

Tabela XXIX – Temperatura na câmara de armazenamento no estudo com maçã que sofreu tratamento térmico.

Tabela XXX – Perda de massa ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico.

Tabela XXXI – Concentração dos gases dentro da embalagem ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico.

Tabela XXXII – Medição da cor ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico.

Tabela XXXIII – Inspeção sensorial ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico.

Tabela XXXIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo da maçã com tratamento térmico.

Tabela XXXV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo da maçã com tratamento térmico.

Tabela XXXVI – Análise estatística do L^* para o estudo da maçã com tratamento térmico.

Tabela XXXVII – Análise estatística do a^* para o estudo da maçã com tratamento térmico.

Tabela XXXVIII – Análise estatística do b^* para o estudo da maçã com tratamento térmico.

Tabela XXXIX – Temperatura nas câmaras de armazenamento do estudo do morango que não sofreu tratamento térmico.

Tabela XL - Perda de massa ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico.

Tabela XLI – Concentração gases dentro da embalagem no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico.

Tabela XLII – Medição da cor no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico.

Tabela XLIII – Inspeção sensorial no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico.

Tabela XLIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo do morango sem tratamento térmico.

Tabela XLV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo do morango sem tratamento térmico.

Tabela XLVI – Análise estatística do L^* para o estudo do morango sem tratamento térmico.

Tabela XLVII – Análise estatística do a^* para o estudo do morango sem tratamento térmico.

Tabela XLVIII – Análise estatística do b^* para o estudo do morango sem tratamento térmico.

Tabela XLIX – Temperatura nas câmaras de armazenamento do estudo do morango que sofreu tratamento térmico.

Tabela L – Perda de massa ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico.

Tabela LI – Concentração gases dentro da embalagem no estudo do morango que sofreu tratamento térmico.

Tabela LII – Medição da cor no estudo do morango que sofreu tratamento térmico.

Tabela LIII – Inspeção sensorial no estudo do morango que sofreu tratamento térmico.

Tabela LIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo do morango com tratamento térmico.

Tabela LV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo do morango com tratamento térmico.

Tabela LVI – Análise estatística do L^* para o estudo do morango com tratamento térmico.

Tabela LVII – Análise estatística do a^* para o estudo do morango com tratamento térmico.

Tabela LVIII – Análise estatística do b^* para o estudo do morango com tratamento térmico.

Tabela LIX – Simulação da evolução dos gases para a maçã a 0, 2 e 5 °C.

Tabela LX – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de maçã armazenados a 0 °C.

Tabela LXI – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de maçã armazenados a 2 °C.

Tabela LXII – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de maçã armazenados a 5 °C.

Tabela LXIII – Simulação da evolução dos gases para a morango a 0 e 5 °C.

Tabela LXIV – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de morango armazenados a 0 °C.

Tabela LXV – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{CO_2} e do y_{CO_2} experimental de morango armazenados a 5 °C.

Lista de Figuras

Figura 1 – Principais etapas no processamento de fruta fresca pré-cortada (Corbo, Bevilacqua et al. 2009). *Durante este processo, revestimentos comestíveis podem ser utilizados.

Figura 2 – Processo do escurecimento enzimático (Jang and Moon 2011).

Figura 3 – Abacaxi cortado em metades e protegido por uma película transparente.

Figura 4 – Meloa cortada em metades e protegido por uma película transparente.

Figura 5 – Fruta cortada da marca 80 g em embalagens transparentes em forma de cilindro na loja *SuperCor*.

Figura 6 – Exemplo de uma máquina de venda automática numa Faculdade.

Figura 7 – Exemplos de iogurtes bicompartimentados.

Figura 8 – Iogurte bicompartimentado, em copo, com pedaços de morangos liofilizados misturados com cereais.

Figura 9 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 10 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 11 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 12 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 13 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 14 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 15 – Evolução da cor acastanhada dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 16 – Evolução da exsudação dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C.

Figura 17 – Pedaços, logo após corte, de maçã golden sem tratamento térmico moderado.

Figura 18 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 2°C, para pedaços de maçã golden sem tratamento térmico moderado.

Figura 19 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 5°C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado.

Figura 20 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 21 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 22 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 23 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 24 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 25 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 26 – Evolução da cor acastanhada dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 27 – Evolução da exsudação dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C.

Figura 28 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado.

Figura 29 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 5 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado.

Figura 30 – Evolução do y_{O_2} , dentro da embalagem fechada, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C.

Figura 31 – Evolução da percentagem de y_{CO_2} , dentro da embalagem fechada, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C.

Figura 32 – Evolução do parâmetro de cor L^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico.

Figura 33 – Evolução do parâmetro de cor a^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico.

Figura 34 – Evolução do parâmetro de cor b^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico.

Figura 35 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico.

Figura 36 – Evolução da cor acastanhada ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico

Figura 37 – Evolução da exsudação ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico.

Figura 38 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado.

Figura 39 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 30 segundos.

Figura 40 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 60 segundos.

Figura 41 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 120 segundos.

Figura 42 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico.

Figura 43 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico.

Figura 44 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico.

Figura 45 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico.

Figura 46 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico.

Figura 47 – Evolução do ΔE dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico.

Figura 48 – Evolução da cor dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico.

Figura 49 – Morangos frescos cortados, no tempo 0, sem tratamento térmico.

Figura 50 – Morangos cortados, armazenados a 0 °C, sem tratamento térmico.

Figura 51 – Morangos cortados, armazenados a 5 °C, sem tratamento térmico.

Figura 52 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico.

Figura 53 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico.

Figura 54 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico.

Figura 55 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico.

Figura 56 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico.

Figura 57 – Evolução do ΔE dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico.

Figura 58 – Evolução da cor dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico.

Figura 59 – Morangos cortados após o tratamento térmico moderado de 30 segundos.

Figura 60 – Morangos cortados após o tratamento térmico moderado de 60 segundos.

Figura 61 – Morangos cortados antes do tratamento térmico moderado de 30 segundos.

Figura 62 – Morangos cortados antes do tratamento térmico moderado de 60 segundos.

Figura 63 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 0 °C.

Figura 64 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 0 °C.

Figura 65 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 2 °C.

Figura 66 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 2 °C.

Figura 67 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 5 °C.

Figura 68 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 5 °C.

Figura 69 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 0 °C.

Figura 70 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 0 °C.

Figura 71 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 5 °C.

Figura 72 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 5 °C.

Nomenclatura

a^* – coordenada de cor que varia entre o vermelho (+a) e o verde (-a)

ADN – ácido desoxirribonucleico

b^* – coordenada de cor que varia entre o amarelo (+b) e o azul (-b)

C – controlo

CaCl_2 – cloreto de cálcio

CO_2 – dióxido de carbono

D – diâmetro

DP – desvio padrão

E – experimental

E_a – energia de ativação

EAM – embalagem em atmosfera modificada

EP – erro padrão

EUA – Estados Unidos da América

H_2O_2 – Peróxido de Hidrogénio

IFPA – *The International Fresh-cut Produce Association*

IFT – *Institute of FoodTechologists*

Km_o – Percentagem de oxigénio correspondente a $\frac{RR_{max}}{2}$

L^* – coordenada de cor que representa a luminosidade

m – massa do produto

n – número de réplicas

N_2 – azoto

O_2 – oxigénio

OMS – Organização Mundial de Saúde

POD – peroxidase

PPO – polifenoloxidase

R – constante dos gases

RR – taxa de respiração

RR_{max} – taxa de respiração máxima

S – simulação

TT – tratamento térmico

TT_1 – tratamento térmico antes do corte da amostra

TT_2 – tratamento térmico depois do corte da amostra

t – tempo

t_f – tempo final

T – temperatura

T_0 – temperatura de referência

THM's – trihalometanos

UV C – radiação ultravioleta C

VI – volume livre

V – volume

X – valor referente à composição do alimento de um determinado constituinte

y_{O_2} – nível de oxigénio

y_{CO_2} – nível de dióxido de carbono

ρ – densidade

ΔE – diferença de cor

Δy – variação da concentração dos gases

Δt – variação do tempo

1. Introdução

A fruta é rica em compostos nutricionais e funcionais, como os antioxidantes, as vitaminas, os minerais e as fibras. É amplamente reconhecido, atualmente, que um aumento no consumo de fruta e de legumes tem um impacto benéfico na saúde pública; salientando, que as frutas fornecem benefícios para a saúde, no qual os consumidores que comem mais frutas, como parte de uma dieta variada e equilibrada, em geral, tendem a ter um risco menor de contrair algumas doenças crónicas. A relação entre o consumo de fruta e a redução dos riscos de doenças cardiovasculares é muito positiva (Hung, Tilly et al. 2010).

Os produtos frescos pré-cortados (Olivas and Barbosa-Canovas 2005) e, mais recentemente a fruta fresca pré-cortada (Mahajan, Luca et al. 2014) têm vindo a expandir-se rapidamente no mercado a nível global devido às mudanças de estilo de vida dos consumidores, que resulta de uma maior preocupação com a saúde e de menos tempo para a preparação de alimentos (Rico, Martin-Diana et al. 2007). Para além destes benefícios, a fruta fresca pré-cortada oferece ainda frescura, um sabor agradável e um baixo valor energético, sendo a maioria das frutas pobres em gordura, sódio e não têm colesterol (Fagundes, Carciofi et al. 2013).

O aumento crescente deste tipo de produto alimentar é exemplificado pelas tendências do mercado nos Estados Unidos da América, onde as vendas de fruta fresca pré-cortada aumentaram de 3,3 mil milhões de dólares em 1994 para 11 mil milhões de dólares em 2000 e mais de 15 mil milhões de dólares em 2002 (Opara and Al-Ani 2010). As vendas são ainda mais elevadas na Europa e estão a aumentar rapidamente na Ásia e na América Latina.

No entanto, este tipo de produto ainda tem uma procura limitada devido aos custos elevados e à qualidade reduzida que apresenta comercialmente, que se deve por ser um produto com uma taxa de deterioração muito rápida, causada pelas alterações fisiológicas induzidas pela remoção das barreiras naturais, pelo corte e pelo rápido crescimento microbiano, que se traduz num tempo e vida útil reduzido (Lu, Luo et al. 2007).

As operações de descasque e corte impõem fortes danos aos tecidos vegetais, pois os componentes celulares ao serem cortados induzem reações bioquímicas relacionadas com alterações na cor e na perda de textura. A libertação do líquido intracelular durante o corte irá favorecer o crescimento microbiano, podendo levar a crescimento microbiano com riscos graves para o consumidor. Por estas razões, o tempo de vida útil de fruta fresca pré-cortada é muito curto, mesmo quando são processados e comercializados de acordo com as melhores práticas, e alargando-o,

mesmo que, por alguns dias, poderá representar uma vantagem considerável para os consumidores, que procuram cada vez mais produtos saudáveis, naturais e de conveniência (Benitez, Achaerandio et al. 2015).

Na possibilidade da fruta fresca pré-cortada ter um tempo de vida útil suficientemente alargado, poderia perspetivar-se o desenvolvimento de um novo produto com a utilização da fruta fresca como acompanhamento de iogurtes, à semelhança do que já acontece com os flocos de cereais e iogurte em embalagens bicompartimentadas.

Assim, o principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um novo produto à base de fruta fresca pré-cortada como acompanhamento de iogurtes numa embalagem bicompartimentada. Para isso é necessário explorar novas tecnologias para otimizar o tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada, como a embalagem em atmosfera modificada e os tratamentos térmicos moderados. Irão ser elaborados estudos para i) caracterizar o mercado português de fruta fresca pré-cortada e de iogurtes bicompartimentados; ii) analisar a qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes e iii) simular a evolução dos gases numa embalagem hermeticamente fechada, com fruta fresca pré-cortada para o acompanhamento de iogurtes. Este último ponto teve como objetivo estudar as variáveis que influenciam o sistema produto alimentar-embalagem em atmosfera modificada, desenvolver modelos preditivos simples e validar as simulações desenvolvidas com os resultados experimentais para a maçã e os morangos e assim utilizar esses modelos preditivos na avaliação do tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada e viabilidade deste novo produto.

Foram escolhidos como produtos de estudo, a maçã e os morangos, dado serem frutas muito apreciadas pelo consumidor e serem potencialmente interessantes para acompanharem iogurtes.

A estrutura desta dissertação está dividida: i) no enquadramento teórico, com uma pesquisa bibliográfica que fundamenta a investigação realizada e focando sempre que possível na maçã e nos morangos; ii) nos procedimentos metodológicos utilizados, divididos pelos três estudos previamente indicados; iii) na apresentação dos resultados com análise e discussão desses resultados, igualmente divididos pelos três estudos; e iv) nas conclusões que este trabalho proporcionou e sugestões de trabalho futuro.

2. Enquadramento teórico

2.1. Fruta fresca pré-cortada

A fruta fresca pré-cortada é definida como “a fruta fresca que foi lavada/higienizada, descascada e cortada e, que, em seguida, é embalada”. Este tipo de produto oferece ao consumidor conveniência na preparação e no consumo dos alimentos (Opara and Al-Ani 2010). Pode ainda ser definida, como a fruta que tenha sido fisicamente modificada a partir da sua forma original mas mantém o seu estado fresco (Siddiq, Harte et al. 2011). Este tipo de processamento, designado de processamento mínimo tem duas finalidades: a) manter os produtos frescos, sem perder a qualidade nutricional e sensorial ou comprometer a segurança alimentar do alimento fresco cortado e b) garantir um produto com um tempo de vida útil suficiente desde a sua preparação até chegar ao consumidor (Siddiq, Harte et al. 2011).

A Figura 1 mostra o fluxograma de processamento de fruta fresca pré-cortada, no qual, geralmente inclui o descasque, a lavagem, o corte e o embalamento. As frutas podem ainda ser mergulhadas em soluções de tratamentos específicos como tratamento antioxidante ou podem ser revestidas com filmes comestíveis (Corbo, Bevilacqua et al. 2009)

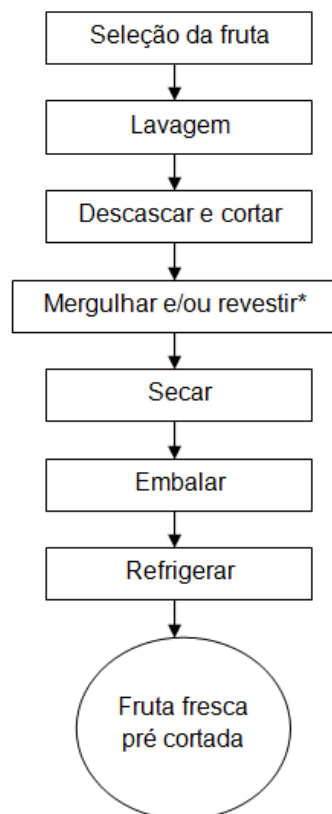


Figura 1 – Principais etapas no processamento de fruta fresca pré-cortada (Corbo, Bevilacqua et al. 2009). *Durante este processo, revestimentos comestíveis podem ser utilizados.

Tem vindo a verificar-se um crescimento muito alargado da introdução de novos produtos no mercado que incluem a fruta fresca pré-cortada, por isso o mercado deverá atender a combinar uma variedade de frutas prontas para consumo em embalagens com porções variadas para ir de encontro às necessidades das famílias ou dos consumidores individuais (Mahajan, Luca et al. 2014). Contudo, o desenvolvimento da fruta fresca pré-cortada tem sido muito dificultado pelo rápido escurecimento enzimático que ocorre à superfície da fruta, pelo risco do desenvolvimento microbiano e pela deterioração fisiológica durante o transporte e armazenamento (Abbott, Saftner et al. 2004).

O tempo de vida útil é considerado um grande problema na indústria alimentar e a procura de processos para aumentar o tempo de vida útil de alimentos frescos pré-cortados é cada vez maior e desenvolve-se em várias áreas de investigação.

O IFT (*Institute of Food Technologists*, EUA) definiu o tempo de vida útil como o tempo durante o qual o produto alimentar: 1) permanece seguro; 2) mantém as características sensoriais, químicas, físicas e microbiológicas desejáveis e 3) cumpre com as declarações nutricionais do rótulo, quando armazenado sob as condições recomendadas (Hough and Garitta 2012). Esta definição identifica os principais fatores que devem ser considerados ao determinar o tempo de vida útil de um produto alimentar (Hough and Garitta 2012)

2.2. Qualidade da fruta fresca pré-cortada

Garantir a qualidade na fruta fresca cortada continua, ainda atualmente, a ser um desafio (Finnegan and O'Beirne 2015). É reconhecido que a qualidade e a durabilidade, da fruta fresca cortada, são fortemente influenciadas pela severidade do processamento e das condições de armazenamento, apesar de os mecanismos e a dinâmica da deterioração ainda não serem totalmente compreendidos (Quevedo, Valencia et al. 2014). As mudanças na aparência e na textura na fruta fresca cortada são os primeiros sinais observados relativamente à perda de qualidade, mas ocorre igualmente o desenvolvimento de cheiros desagradáveis, crescimento microbiano, diminuição do valor nutricional, o escurecimento enzimático, aumento da taxa de respiração e da produção de etileno (Gomez, Alzamora et al. 2010). No entanto, estas mudanças ocorrem em dimensões diferentes e são fortemente influenciadas por fatores intrínsecos e extrínsecos, causando perdas significativas de qualidade entre, o processamento e o consumidor (Finnegan and O'Beirne 2015).

Existem quatro critérios a considerar em relação à qualidade do produto: a aparência, o sabor, a textura e a composição nutricional. Os três primeiros critérios

são referidos como os fatores de aceitabilidade sensorial, porque são percecionados pelos órgãos dos sentidos. A composição nutricional é medida através de ensaios químicos, sendo métodos objetivos de análise (Carreno-Olejua, Hofacker et al. 2010).

Os morangos frescos são muito suscetíveis à lesão mecânica, à perda de água e à deterioração fisiológica após a colheita; e por isso requerem uma especial atenção para ser possível prolongar o seu tempo de vida útil (Botrel, Soares et al. 2010, Cao, Hu et al. 2010, Aday and Caner 2011)

O escurecimento enzimático tem um impacto significativo sobre a qualidade das maçãs, pois provoca mudanças na aparência e nas propriedades organoléticas dos alimentos, o que pode afetar o valor do mercado e, em alguns casos, resultar na exclusão do produto alimentar (Pristijono, Wills et al. 2006).

A fruta fresca pré-cortada sofre um conjunto de alterações fisiológicas (taxa de respiração, produção de etileno, dano pelo corte, escurecimento enzimático e perda de água) que influencia a sua qualidade e que serão de seguida aprofundadas.

2.2.1. Alterações fisiológicas da fruta fresca pré-cortada

Uma vez colhida, a fruta é separada da sua fonte de água e minerais. Os tecidos continuam a respirar, usando disponível e armazenados os açúcares e ácidos orgânicos, e inicia-se, assim, a sua senescência, que é fortemente acelerada pelo processamento mínimo. A perda de qualidade na pós-colheita é principalmente devido à taxa de respiração, à produção de etileno, ao dano pelo corte ao escurecimento enzimático e à perda de água (Shah and Nath 2006).

2.2.1.1. Taxa de respiração

A respiração é o processo principal no metabolismo da fruta: fornece esqueletos de carbono e energia para as reações anabólicas, que ocorrem durante a maturação e no amadurecimento, e para a manutenção celular durante o armazenamento. A taxa de respiração da fruta é afetada por uma série de fatores, entre os quais a temperatura e o nível de oxigénio (Gomes, Beaudry et al. 2010).

O ritmo da respiração indica a rapidez com que um produto se pode deteriorar. O tecido da fruta ao sofrer uma lesão devido ao corte a respiração vai aumentar, no qual resulta uma forte redução do tempo de vida útil da fruta fresca cortada (Baldwin, Nisperoscarriedo et al. 1995).

O tempo após o corte e a temperatura têm uma grande influência e efeitos significativos na taxa de respiração da fruta fresca pré-cortada. Ainda, é muito difícil preservar com uma boa qualidade e com uma grande segurança microbiana este tipo

de produto por um tempo de armazenamento muito alargado por causa da taxa de respiração, da transpiração e da atividade enzimática dos tecidos vivos (Waghmare, Mahajan et al. 2013). Sendo assim, quanto mais alta for a taxa de respiração da fruta fresca pré-cortada mais curto o tempo de vida útil será e, inversamente, quanto mais baixo for a taxa de respiração mais longo será o tempo e vida útil. Alguns estudos concentraram-se na criação de uma equação modelo que descrevesse o efeito de tempo e da temperatura na taxa de respiração em romãs (Caleb, Mahajan et al. 2012), em cogumelos (Iqbal, Rodrigues et al. 2009) e em cenoura (Iqbal, Oliveira et al. 2005) mas atualmente, ainda não existe generalizada a descrição de equações modelo que descrevem o efeito do tempo e da temperatura na taxa de respiração na fruta fresca pré-cortada (Waghmare, Mahajan et al. 2013).

2.2.1.2. Produção de etileno

Um outro fator que deve ser considerado no pós-colheita de produtos frescos é a produção de etileno, um regulador do crescimento, que ocorre naturalmente nos tecidos vegetais, e que afeta muitos aspetos no desenvolvimento da fruta, principalmente na fase de amadurecimento. No entanto, a maior produção de etileno pode ocorrer como o resultado da senescência da fruta, da exposição a temperaturas muito elevadas ou até do corte. A produção do etileno pode estimular ainda mais a taxa de respiração da fruta (Kays 2010). A fruta pode ser dividida em duas categorias, a que não produz etileno como parte do amadurecimento e senescência e aquela em que a produção de etileno é fundamental para que o amadurecimento ocorra. Por isto, estas duas categorias têm, ainda, diferentes padrões respiratórios durante o amadurecimento: a fruta não-climatérica que não produz etileno e no qual a taxa de respiração diminui ao longo do tempo e a fruta climatérica, no qual a taxa de respiração está associada, desde o início, com a produção de etileno (Hughes 2010). Na Tabela I podemos observar alguma fruta climatérica e não climatérica.

Tabela I – Fruta classificada de acordo com o comportamento respiratório durante o amadurecimento. Adaptado de Kays (2010)

Climatéricos	Não-climatéricos
Maçã	Amora silvestre
Ameixa	Cereja
Mirtilo	Uva
Melo	Framboesa
Pêssego	Morango
Pera	Melão

2.2.1.3. Dano pelo corte

Durante o processamento, os frutos estão sujeitos a vários tipos de *stress*, tais como os danos mecânicos, as altas temperaturas e o armazenamento prolongado que pode aumentar a perecibilidade dos produtos frescos. O ferimento (corte) provoca a liberação de nutrientes e de enzimas intracelulares e mudanças fisiológicas e metabólicas, aumentando a taxa de respiração, a produção de etileno, no qual favorecem a atividade enzimática e a proliferação de microrganismos. Para além disso, prejudica a aparência, aceleraram a senescência e a liberação de odores indesejáveis devido à aceleração da respiração e da produção de etileno nos locais cortados (Hodges and Tolvonon 2008).

2.2.1.4. Escurecimento enzimático

O escurecimento enzimático é a principal alteração fisiológica que prejudica as propriedades sensoriais e desmotiva os consumidores de comprar fruta fresca cortada, principalmente nas maçãs (Gomez, Alzamora et al. 2010).

A polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) são enzimas envolvidas no processo do escurecimento enzimático (Figura 2). O escurecimento ocorre quase instantaneamente quando a estrutura da célula é destruída, e as enzimas e os substratos entram em contacto entre si (Espin, Garcia-Ruiz et al. 1998). O escurecimento enzimático ocorre principalmente após danos causados aos tecidos durante os processos de colheita, transporte, ou quando são expostos ao ar após terem sido cortados, fatiados ou esmagados, para posterior processamento, permitindo o contato entre as enzimas e os substratos fenólicos que podem resultar na formação de compostos escuros (Robards, Prenzler et al. 1999).

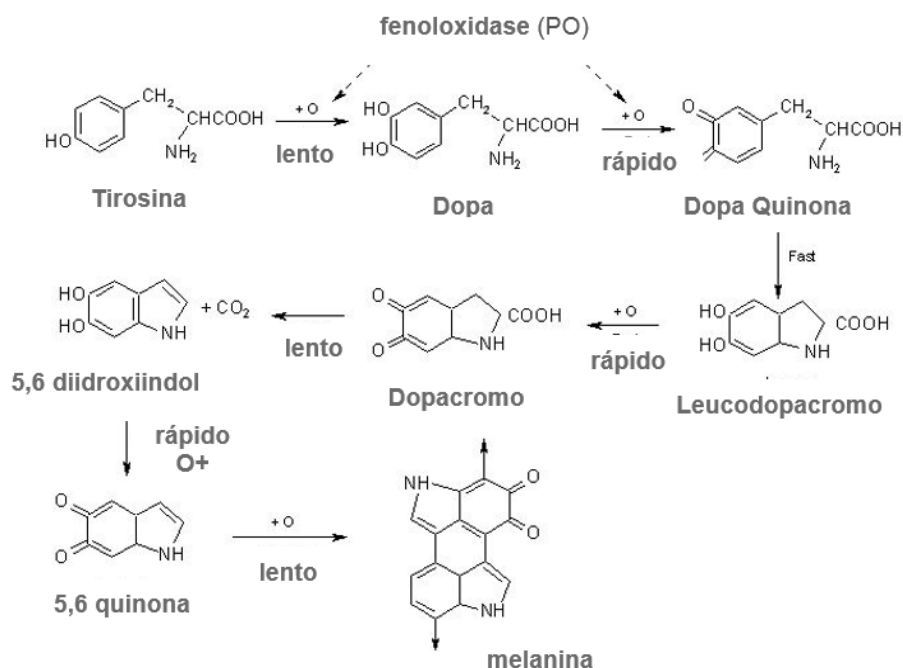


Figura 2 – Processo do escurecimento enzimático (Jang and Moon 2011)

Um dos pontos mais importantes a ser considerado durante o processamento de fruta pré-cortada é a preservação da cor natural do tecido e por isso controlar o escurecimento enzimático, no qual é geralmente causado pela enzima PPO que, na presença de oxigénio, converte os compostos fenólicos em pigmentos escuros (Hodges and Tolvonon 2008).

Uma das abordagens mais utilizadas para evitar o escurecimento nas maçãs tem sido o uso de agentes redutores com a adição de cloreto de cálcio (CaCl_2) em combinação com uma atmosfera modificada de oxigénio reduzido e um armazenamento a baixas temperaturas (Sapers, Garzarella et al. 1990, Luo and Barbosa Canovas 1996). Para além disto, os tratamentos térmicos moderados (imersão em água quente), são uma nova alternativa ambientalmente amigável para controlar o escurecimento enzimático que ocorre sobre a superfície de corte na fruta fresca cortada e para oferecer uma alta qualidade, segurança e aparência ao consumidor que procura produtos saudáveis (Obando, Jimenez et al. 2010).

2.2.1.5. Perda de água

A perda de água tem um enorme impacto quantitativo e qualitativo nos produtos hortofrutícolas e é provocada pelo corte e aumenta a suscetibilidade de contaminação microbiana (Roos 1993).

A perda de água reflete-se na diminuição do peso, consequentemente do valor (margem) de venda dos produtos. Uma perda de água de 20 % pode representar a margem de comercialização de determinado produto e é uma das causas do fim da vida pós-colheita de produtos hortofrutícolas (depreciação da aparência) (Siddiqui, Chakraborty et al. 2011). Os fatores que afetam a perda de água podem ser relacionados com o produto ou com o ambiente e estão representados na Tabela II.

Tabela II – Fatores que afetam a perda de água (Shah and Nath 2006)

Fatores relacionados com o produto	Fatores ambientais
Razão superfície/volume	Humidade relativa do ar
Características da superfície de evaporação	Velocidade do ar
Danos mecânicos (ex. corte)	Temperatura
Fatores pré-colheita	Luz

As estratégias aplicadas ao ambiente e aplicadas ao produto para reduzirem as perdas de água são, por exemplo, reduzir a temperatura manter a humidade relativa elevada, evitar um movimento de ar excessivo, minimizar as flutuações de temperatura, prevenir os danos mecânicos durante a colheita e o manuseamento,

arrefecimento rápido logo após colheita, aplicações de revestimentos comestíveis e embalagens que funcionem como barreiras à humidade (Shah and Nath 2006).

2.2.2. Composição nutricional e benefícios na saúde do consumidor

O aumento do consumo de frutas frescas pré-cortadas tem sido atribuído aos benefícios causados à saúde, associados a produtos com características nutricionais próximas ao estado da fruta fresca inteira (Sapers 2005).

Os morangos são consumidos no mundo inteiro e contêm muitos antioxidantes e compostos fenólicos, no qual representam a fonte alimentar mais comum de antocianinas entre todos os frutos vermelhos. As antocianinas são compostos responsáveis pela cor azul, roxa e vermelha dos tecidos das frutas. Estão também, associadas a uma vasta gama de benefícios para a saúde incluindo a diminuição do risco de doença arterial coronária e cardiovascular, a redução do aparecimento de cancro, a proteção dos tecidos do cérebro contra lesões e, ainda, inibe o aumento de peso (Azzini, Vitaglione et al. 2010). São, ainda, uma boa fonte de vitamina C e, de todos os frutos, são os que apresentam a mais alta atividade antioxidante (Cordenunsi, Genovese et al. 2005, Obando, Jimenez et al. 2010).

As maçãs têm uma imagem positiva sobre a saúde dos consumidores e uma alta ingestão está associada a uma diminuição do risco do cancro da próstata, do fígado, do cólon e do pulmão e doenças cardiovasculares (McCann, Gill et al. 2007). Alguns destes benefícios para a saúde podem ser devido à presença de polifenóis (Mertens-Talcott, Jilma-Stohlawetz et al. 2006, Ponce, Bastiani et al. 2010).

2.2.3. Microbiologia da fruta fresca pré-cortada

Infelizmente, o aumento do consumo de produtos pré-cortados resultou num aumento da frequência de surtos de doenças associadas à fruta fresca pré-cortada (Beuchat 1996, Drosinos, Tassou et al. 2000). Os surtos de doenças causados por consumo de frutos e legumes intactos ocorrem menos frequentemente do que pelo consumo de frutas e legumes frescos cortados (Drosinos, Tassou et al. 2000). Acredita-se que esta diferença é devido às barreiras de proteção fornecidas pela casca do alimento, que ao serem removidas durante o corte da fruta e dos legumes estes ficam potencialmente mais vulneráveis à contaminação microbiana aumentando os perigos para a saúde (Leverentz, Conway et al. 2001, Alegre, Abadias et al. 2010). Entre os microrganismos encontrados nestes produtos, podem ser destacados as leveduras, os fungos, os mesófilos e os agentes psicotrópicos (Raybaudi-Massilia, Mosqueda-Melgar et al. 2008).

É um facto que, atualmente, as maçãs frescas cortadas apresentam uma grande quantidade de antioxidantes e outros nutrientes e surgiram no mercado em forma de *snacks* saudáveis em vários estabelecimentos alimentares, em programas para o lanche da escola e para o consumo em família. Mas este tipo de produto apresenta um elevado crescimento microbiano (Lu, Luo et al. 2007, Ruiz-Cruz, Acedo-Felix et al. 2007). As maçãs têm sido associadas a surto de doenças causadas por *E. coli* 0157:H7 (Burnett and Beuchat 2000, Dingman 2000) e vários estudos têm demonstrado que a *E. coli* 0157:H7 pode sobreviver e crescer nos tecidos de maçã fresca cortada armazenada ao ar (Fisher and Golden 1998, Janisiewicz, Conway et al. 1999, Dingman 2000, Gunes and Hotchkiss 2002). *Salmonella Enteritidis* é capaz de sobreviver a 5°C e crescer a 10 e 20°C em maçã ‘Red Delicious’ fresca cortada (Leverentz, Conway et al. 2001). O crescimento de *L. monocytogenes* também tem sido demonstrado em fatias de maçã ‘Golden Delicious’ armazenadas entre 10 – 20 °C (Conway, Leverentz et al. 2000).

Em morangos frescos cortados a *E. coli* 0157:H7 sobrevive quando estes são armazenados a 4 °C (Knudsen, Yamamoto et al. 2001), a *Salmonella* diminuiu ao longo de 7 dias de armazenamento a 5 °C (Knudsen, Yamamoto et al. 2001) e *L. monocytogenes* é mantida quando armazenados por 48 horas ou 7 dias a 24 ou 4 °C, respetivamente (Flessa, Lusk et al. 2005, Alegre, Abadias et al. 2010).

2.3. Técnicas de preservação da fruta fresca pré-cortada

A procura dos consumidores por fruta fresca cortada tem conduzido a uma investigação intensa (Maya-Meraz, Espino-Diaz et al. 2014) para melhorar os atributos da qualidade e aumentar o tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada (Bett-Garber, Watson et al. 2010). No entanto, a preservação de fruta cortada é um desafio devido à acelerada perda de água, às alterações de aspeto e textura na superfície, ao desenvolvimento de cheiros e sabores desagradáveis e à possibilidade de contaminação por agentes patogénicos. Os produtos são embalados com filmes especiais, a fim de modificar a composição da atmosfera da embalagem (Cliff, Toivonen et al. 2010).

Relativamente à maçã fresca pré-cortada, tem-se aplicado agentes naturais inibidores do escurecimento enzimático (Luo and Barbosa Canovas 1996, Buta, Moline et al. 1999, Rojas-Grau, Sobrino-Lopez et al. 2006) tratamentos químicos (Gil, Ferreres et al. 1999, Zuo and Lee 2004, Varela, Salvador et al. 2007), agentes de revestimento e atmosferas de oxigénio reduzido (Anese, Manzano et al. 1997, Perez-Gago, Serra et al. 2006).

A combinação de diferentes métodos de preservação, tal como a embalagem com atmosfera modificada em combinação com um armazenamento a baixa temperatura pode ser uma excelente forma de preservar a qualidade original da fruta fresca cortada (Obando, Jimenez et al. 2010). Contudo, os métodos de preservação são considerados caros e/ou demorados (Klopotek, Otto et al. 2005). Portanto, é urgente o desenvolvimento de novas tecnologias alternativas para reduzir as alterações fisiológicas e físico-químicas na fruta fresca cortada durante o tempo de vida útil (Li, Li et al. 2011). Serão analisados de seguida os principais métodos com potencial interesse na preservação de fruta fresca pré-cortada.

2.3.1. Armazenamento a temperaturas baixas

Os fatores principais que determinam o sucesso da fruta fresca pré-cortada incluem que a matéria-prima seja de alta qualidade e que a fruta esteja a baixas temperaturas durante todo o processamento, armazenamento e transporte. A embalagem em atmosfera modificada e o armazenamento refrigerado usam-se frequentemente para reduzir a taxa de respiração sem afetar negativamente a fisiologia do fruto e para aumentar o tempo de vida útil (Benitez, Chiumenti et al. 2012). Os produtos frescos cortados são mais suscetíveis à contaminação devido ao aumento da taxa de respiração após o corte. Assim, o tempo de vida útil em condições de temperatura ambiente é muito limitado. A respiração da fruta fresca cortada pode ser reduzida por muitas técnicas de preservação principalmente como o armazenamento a baixas temperaturas (Sandhya 2015).

2.3.2. Embalagem em atmosfera modificada

O sistema de embalagem em atmosfera modificada (EAM) é um processo dinâmico para alterar a composição de gases dentro de uma embalagem, no qual depende da interação entre a taxa de respiração do produto e a transferência de gases através do material da embalagem (Mahajan, Oliveira et al. 2007). A EAM é uma das tecnologia mais utilizada para aumentar e preservar a qualidade, aumentar o tempo de vida útil e reduzir os desperdícios dos produtos frescos pré-cortados (Martinez-Ferrer, Harper et al. 2002). O armazenamento de produtos frescos em EAM tem por objetivo alcançar os níveis ótimos de oxigénio e dióxido de carbono dentro da embalagem, a fim de diminuir a atividade metabólica do produto, aumentando o tempo de vida útil (Talasila, Chau et al. 1995).

A EAM é um dos métodos de preservação mais importantes que mantêm a qualidade natural e prolongam a vida útil de frutas e de legumes. Este método combinado com um armazenamento a temperaturas baixas efetivamente atrasa a taxa

de respiração e a deterioração da fruta fresca pré-cortada alargando, por uns dias, o tempo de vida útil (Soliva-Fortuny, Ricart-Coll et al. 2005, Fagundes, Carciofi et al. 2013). Contudo, é muito importante relacionar as propriedades de permeabilidade do filme utilizado, para evitar condições anaeróbias que podem induzir à fermentação e, por sua vez, a acumulação de etanol na embalagem, o que irá formar cheiros e sabores desagradáveis e consequentemente levar à deterioração da fruta dentro da embalagem (Caleb, Mahajan et al. 2012, Caleb, Opara et al. 2012).

A atmosfera modificada passiva pode ser desenvolvida dentro da embalagem através do processo natural de respiração e da permeabilidade do filme até alcançar a composição da atmosfera desejada (Charles, Sanchez et al. 2003). Enquanto a atmosfera modificada ativa é um processo rápido de substituição de gases para se estabelecer uma mistura de gases desejável dentro da embalagem (Charles, Sanchez et al. 2003). Isto envolve a adição de agentes ativos dentro da embalagem, como oxigénio, dióxido de carbono ou inibidores de etileno (Sandhya 2010).

Os três principais gases utilizados nas embalagens com atmosfera modificada são o dióxido de carbono (C_{O_2}), o oxigénio (O_2) e o azoto (N_2). A escolha da composição gasosa é dependente do produto alimentar que vai ser embalado. O C_{O_2} é um gás incolor com um ligeiro odor pungente em concentrações muito elevadas. É ligeiramente corrosivo na presença de humidade. O C_{O_2} dissolve-se facilmente em água para produzir o ácido carbónico que aumenta a acidez da solução e reduz o pH. Isto tem importantes implicações para a embalagem com atmosfera modificada pois a alta solubilidade do C_{O_2} pode resultar no colapso da embalagem devido à redução do volume livre, no qual em certos casos este colapso é benéfico, por exemplo, em queijos embalados para venda a retalho. O O_2 é um gás incolor que é altamente reativo, aguenta uma combustão e é pouco solúvel em água. O O_2 promove o crescimento de microrganismos aeróbios nos alimentos, incluindo reações de oxidação da gordura e reações de oxidação dos pigmentos. A maior parte das bactérias e dos fungos requerem oxigénio para o crescimento, por isso, para aumentar o tempo de vida útil dos alimentos, a embalagem deve conter uma baixa concentração de oxigénio. O N_2 um gás sem odor, sabor e cor. Tem uma densidade menor que a do ar, não é inflamável e é pouco solúvel em água. O azoto não sustenta o crescimento de microrganismos aeróbios mas não impede o crescimento de bactérias anaeróbias (Sandhya 2015).

A embalagem com atmosfera modificada tem sido muito utilizada no armazenamento de alguns frutos (Tabela III). O morango é uma fruta universalmente consumida devido ao seu sabor doce, cor vermelha atraente e aroma forte. No entanto, o morango é um fruto altamente perecível devido à sua alta taxa de

respiração, perda de água e à suscetibilidade e contaminação fúngica. Normalmente, o morango inteiro a temperatura ambiente tem um tempo de vida útil de 1 a 2 dias (Zhang, Xiao et al. 2006). Nielsen and Leufven (2008) sugerem que a embalagem em atmosfera modificada deve ser cuidadosamente projetada e os seus efeitos relativamente ao sabor deve ainda ser melhor estudado (Zhang, Meng et al. 2015). Para além disto, muitas abordagens para prolongar a vida útil de produtos cortados, tais como os revestimentos comestíveis, os tratamentos de calor e a refrigeração, combinados com as embalagens de atmosfera modificada, têm sido amplamente aplicados (Lu, Zhang et al. 2009).

Relativamente, à maçã fresca cortada ser um produto muito perecível têm-se dado especial atenção para aumentar o seu tempo de vida útil, incluindo embalagem com atmosfera modificada, armazenamento a baixas temperaturas e tratamentos químicos (Rupasinghe, Boulter-Bitzer et al. 2006, Chung and Moon 2009). Apesar destes métodos assegurarem uma boa preservação da qualidade, a manutenção das características sensoriais e nutricionais, da maçã fresca cortada, ainda é um grande desafio durante o armazenamento. A embalagem selada com filmes poliméricos é uma alternativa a este problema. A composição do gás no interior da embalagem é modificada através da respiração dos tecidos da maçã, que depende da temperatura de armazenamento e da permeabilidade do filme da embalagem. Muitos materiais plásticos são comercializados para as embalagens deste tipo de alimentos, entre eles o polietileno é o tipo mais comum devido à sua resistência a produtos químicos e às suas propriedades de alta barreira (Peyches-Bach, Moutounet et al. 2009). Tendo em conta a suscetibilidade das fatias de maçã para os microrganismos, alguns agentes antimicrobianos são introduzidos no filme polimérico (Del Nobile, Cannarsi et al. 2004). Para além de ajudar como barreira de gases e de solutos é utilizado, também, para impedir a rápida deterioração microbiana das fatias de maçã e, conseqüentemente, melhorar a qualidade geral do produto (Valencia-Chamorro, Palou et al. 2011).

Tabela III – Mistura de gases aplicada em embalagens de atmosfera modificada em alguma fruta

Fruta	Mistura de gás			T (°C)	Tempo de vida útil	Referência
	O ₂	CO ₂	N ₂			
Morango	2,5 %	15 %	82,5 %	4 ± 0,5	8-10 dias	Zhang, Xiao et al. (2006)
Maçã fresca cortada	5 %	15 %	80 %	5-6	7 dias	Torrieri, Cavella et al. (2009)
Pera fresca cortada	2,5 %	7 %	90,5 %	4	14 dias	Oms-Oliu, Soliva-Fortuny et al. (2008)
Melão fresco cortado	70 %	0	30 %	5	10-14 dias	(Gonzalez-Aguilar, Buta et al. 2003)

2.3.3. Tratamentos antioxidantes

Muitos compostos químicos, principalmente ácido ascórbico e fontes de cálcio e de ácidos orgânicos (ex. ascorbato de cálcio) têm sido propostos como tratamentos de imersão em maçã fresca cortada para inibir o escurecimento enzimático e alargar o tempo de vida útil após o corte do produto (Son, Moon et al. 2001, Fan, Niemera et al. 2005). O ácido ascórbico é um agente redutor, capaz de promover a redução química de precursores do pigmento responsável pelo escurecimento. O ácido ascórbico remove o oxigénio formando ácido dehidroascórbico, que promove a regeneração dos antioxidantes (Aguayo, Requejo-Jackman et al. 2010). O ácido cítrico é um composto orgânico natural, encontrado em plantas e apresenta um grande efeito inibidor na PPO através da redução do pH (Freitas, Cortez-Vega et al. 2013).

Um tratamento muito utilizado com ácido ascórbico foi feito em fatias de maçãs ‘*Golden Delicious*’, no qual foram armazenadas a 4 °C e, ao fim de 14 dias de armazenamento, foi observado um escurecimento moderado nas fatias (Tortoe, Orchard et al. 2007). No entanto, o efeito do ácido ascórbico é temporário pois passado algum tempo este é oxidado levando ao aparecimento de pigmentos escuros (Ozoglu and Bayindirli 2002, Rojas-Grau, Sobrino-Lopez et al. 2006). Portanto, o ácido ascórbico é insuficiente para controlar o escurecimento e manter o valor comercial dos produtos frescos cortados (Jang and Moon 2011). Por isso, em alternativa, as fatias de maçãs podem ser imersas numa solução de 1 % ácido ascórbico e 1 % de ácido cítrico por 3 min (Forney, Song et al. 2010).

2.3.4. Técnicas de higienização

Os surtos de doenças associados com o consumo de fruta fresca cortada têm vindo a aumentar em todo o mundo na última década (Nguyenthe and Carlin 1994, Brackett 1999, Mead, Slutsker et al. 1999). As alterações na agricultura, na colheita, na distribuição, no processamento e nas práticas de consumo têm contribuído para este aumento. As doenças de origem alimentar estão associadas com a *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Shigella*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Aeromonas* e *Campylobacter* (Beuchat 1996), que estão presentes naturalmente nos solos (Hung, Tilly et al. 2010).

A fruta e os legumes estão frequentemente em contato com o solo, animais, insetos ou seres humanos durante o crescimento, para além disto a fruta minimamente processada atravessa etapas de preparação como o descascar e o corte, durante o processamento, o que provocam ferimentos na fruta no qual permite aos microrganismos patogénicos terem acesso à parte interior da fruta e multiplicar-se muito facilmente, por isto uma adequada higienização é muito importante (Abadias, Alegre et al. 2011), pois lavar muito bem a fruta fresca pré-cortada é a única etapa do

processo de produção onde a redução da contaminação microbiana pode ser alcançada (Allende, McEvoy et al. 2009, Olmez and Akbas 2009).

2.3.4.1. Cloro e compostos de cloro

O uso de cloro e de compostos de cloro tem sido o método mais comum de desinfecção desde o século IXX (Nakagawara, Goto et al. 1998). E, normalmente, o cloro, é utilizado em concentrações de 50 a 200 mg/L e em tempos de contacto de 1 a 2 min (Hung, Tilly et al. 2010). A atividade do cloro depende da quantidade deste presente na água que entra em contacto com os microrganismos (Allende, McEvoy et al. 2009, Gil, Selma et al. 2009). Atualmente, o hipoclorito é normalmente usado para higienização de fruta fresca cortada (Xu 1999, Park, Hung et al. 2001). No entanto, a produção de subprodutos como os trihalometanos (THMs), conhecidos por serem cancerígenos, ocorre quando o cloro reage com matéria orgânica (Hung, Tilly et al. 2010). Para além disto, Park, Hung et al. (2001) relataram que outros desinfetantes químicos têm sido utilizados para reduzir agentes patogénicos nos produtos frescos cortados, mas muitos desses produtos químicos têm um efeito muito reduzido no que diz respeito à inativação de agentes patogénicos nos produtos frescos cortados. Por isso, é necessário encontrar métodos mais eficazes e seguros para uma correta higienização e desinfecção deste tipo de produtos (Beuchat 1996). Novas técnicas como a desinfecção com a água eletrolisada (Abadias, Usall et al. 2008), o peróxido de hidrogénio e o UV C foram apresentadas e estão a ser largamente estudadas (Lin, Moon et al. 2002, Ukuku 2004, Gopal, Coventry et al. 2010).

2.3.4.2. Água eletrolisada

Vários cientistas concluíram que a utilização da água eletrolisada na fruta fresca cortada como um tratamento antimicrobiano apresenta muitas vantagens, principalmente por ser mais fácil de usar, relativamente económica e amiga do ambiente pois o desinfetante é apenas água com cloreto de sódio, assim não há nenhuma necessidade de manusear produtos químicos potencialmente perigosos., (Park, Hung et al. 2001, Su, Liu et al. 2007, Hung, Tilly et al. 2010) Para além disso, as propriedades da água pode ser controlada no local de produção. A água eletrolisada é eficaz na desinfecção de diferentes superfícies de contacto encontradas normalmente nas instalações da indústria alimentar (Park, Hung et al. 2002, Ayebah and Hung 2005) e em eliminar *L. monocytogenes* em aço inoxidável (Kim, Hung et al. 2001, Ayebah and Hung 2005). A eficácia da aplicação da água eletrolisada na inativação microbiana em produtos frescos tem sido relatada na alface (Park, Hung et al. 2001, Koseki, Yoshida et al. 2003, Delaquis, Fukumoto et al. 2004, Ongeng, Devlieghere et

al. 2006), em tomates (Bari, Sabina et al. 2003), pepinos (Koseki, Isobe et al. 2004) e em morangos (Koseki, Yoshida et al. 2003, Udombijitkul, Daeschel et al. 2007). É de salientar que a água eletrolisada utilizada como tratamento de lavagem nos morangos é mais eficaz do que o cloro para inativar a *Escherichia coli* O157:H7 (Hung, Tilly et al. 2010).

2.3.4.3. Peróxido de hidrogénio

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) é um forte oxidante proposto como uma alternativa para higienizar os frutos frescos cortados devido à sua baixa toxicidade. É eficaz contra um amplo espectro de bactérias, fungos, vírus e organismos formadores de esporos (Juven and Pierson 1996). O H_2O_2 pode ser utilizado em produtos alimentares como um agente de branqueamento e antimicrobiano (Sapers and Miller 1998).

2.3.4.4. Radiação UV C

A radiação ultravioleta C (UV C) é uma tecnologia de desinfecção não térmica que pode ser usada na indústria de produtos pré-cortados. É fácil de usar, é fatal para a maioria dos microrganismos, não gera resíduos químicos e é um processo frio seco que pode ser eficaz a baixo custo. A eficácia da UV C parece ser independente da temperatura (na faixa de 5 a 37 °C), mas varia de acordo com a incidência da iluminação e com o tipo de estrutura da superfície dos produtos tratados. Um estudo demonstrou a eficácia da radiação UV C para inativar a *Escherichia coli*, *Listeria innocua* ou *Salmonella typhi* em fatias de maçã. As fatias de maçã inoculadas com uma suspensão de 10^7 UFC/ml de agentes patogénicos foram irradiadas em ambos os lados com uma radiação UV C, com doses de 0,5 e 1,0 kJ/m². A eficácia de desinfecção UV-C foi comparada com a de lavagem com hipoclorito de sódio; a atividade bactericida foi avaliada após 30 min de radiação e após 7 a 15 dias de armazenamento a 4 °C. Os resultados mostraram que a iluminação UV C em 1,0 kJ/m² completamente inibiu o crescimento das três bactérias, no qual o tratamento com UV C não afetou as características de qualidade da maçã cortada. Esta técnica de desinfecção tem uma grande vantagem, pois não deixa resíduos na fruta e é mais seguro para o consumidor (Graca, Salazar et al. 2013). A luz UV C na faixa dos 240-260 nm foi aprovada, nos Estados Unidos, para ser utilizada nos alimentos como um tratamento de higienização (Bintsis, Litopoulou-Tzanetaki et al. 2000), pois danifica os ácidos nucleicos de alguns microrganismos afetando a sua multiplicação (Nakajima, Lan et al. 2004). No entanto, em alguns casos, altas doses de UV C pode causar

danos, principalmente efeitos nocivos, como o escurecimento e perda de antocianinas e compostos fenólicos nos morangos (Pan, Vicente et al. 2004).

A radiação UV C é uma alternativa económica para reduzir o número de microrganismos na superfície de produtos frescos cortados (Bintsis, Litopoulou-Tzanetaki et al. 2000, Allende and Artes 2003, Yaun, Sumner et al. 2004, Fonseca and Rushing 2006). Este efeito da luz UV C foi reconhecido há mais de um século. Embora a radiação UV C possa ser fortemente absorvida por diferentes componentes celulares, os danos mais graves que ocorrem na célula é devido às reações que ocorrem quando os ácidos nucleicos absorvem este tipo de radiação (Bintsis, Litopoulou-Tzanetaki et al. 2000, Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas 2004). É uma radiação que alcança as bases pirimidínicas do ADN (citosina e timina), impedindo a formação de ligações de hidrogénio com as bases púricas e, por consequente, a reprodução de microrganismos (Bintsis, Litopoulou-Tzanetaki et al. 2000). Também tem sido utilizada por causar danos significativos na integridade da membrana citoplasmática e na atividade enzimática (Schenk, Raffellini et al. 2011).

2.3.5. Tratamentos térmicos moderados

Vários estudos sobre os tratamentos térmicos moderados têm demonstrado que tratamentos com água quente (43 – 53 °C durante 2 h), de vários alimentos pré-cortados, são benéficos para reduzir as cargas microbianas, aumentando assim a segurança deste tipo de alimentos (Fallik 2004). A aplicação do tratamento térmico moderado (45 °C por 10 min) com a combinação da adição de cálcio tem mostrado um enorme efeito na redução da produção de etileno devido ao fermento de corte (Serrano, Martinez-Romero et al. 2004). Este tipo de técnica também é utilizada para retardar a maturação, aumentar o tempo até à senescência, reduzir a sensibilidade ao dano pelo frio e aumentar a qualidade do produto fresco pré-cortado (Lurie 1998, Annous, Burke et al. 2004). Como os tratamentos térmicos moderados também são responsáveis por alterações indesejáveis na textura dos tecidos, vários outros métodos têm sido avaliados para a inibição da atividade da PPO para evitar as alterações de cor na fruta fresca cortada (Gomez, Alzamora et al. 2010).

Foi estudado o efeito do tratamento térmico moderado (45 °C em 25 min) (Beirao-da-Costa, Steiner et al. 2006, Beirao-da-Costa, Cardoso et al. 2008), aplicado em frutas inteiras e mergulhadas após corte numa solução de cloreto de cálcio (1 e 2 g/L), sobre a taxa de respiração, a textura e a preservação de fatias de kiwi. Durante 9 dias a composição da atmosfera, a textura das fatias e outros padrões sensoriais foram avaliados. Foi observado, em vários estudos anteriores, que nem a aplicação somente do tratamento térmico moderado ou somente da solução de cloreto e cálcio

foram eficazes na redução da taxa de respiração mas a aplicação de ambos os tratamentos revelou um efeito sinérgico na redução da taxa respiratória (Luna-Guzman, Cantwell et al. 1999, Anthon, Blot et al. 2005, Rico, Martin-Diana et al. 2007). No entanto, nenhum efeito benéfico sobre a qualidade das fatias dos kiwis foi observado (Beirao-da-Costa, Cardoso et al. 2008, Beirao-da-Costa, Empis et al. 2014).

3. Procedimento experimental

O desenvolvimento experimental consistiu na 1) caracterização do mercado português de fruta pré-cortada e de iogurtes bicompartimentados; 2) análise da qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes e 3) simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes. No estudo 2 serão monitorizados ao longo do tempo após o processamento e armazenamento a temperaturas de refrigeração, os parâmetros de qualidade do produto como cor, cheiro, aparência, perda de peso e o teor de água.

3.1. Caraterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e de iogurtes bicompartimentados

Foi feita uma caraterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada na grande distribuição (Continente, Pindo Doce, Mini-Preço, Jumbo e Lidl), em lojas de conveniência, em máquinas de venda automática e, em outras superfícies como o *SuperCor* e o *MeuSuper*.

Na superfície *MeuSuper* não foi encontrado qualquer produto objeto de estudo e por isso não foi incluída nos resultados. As lojas de conveniência escolhidas foram as mais populares associadas à *Repsol*, *Galp* Energia, *Cepsa*, *Prio* e à *BP*. Feito no dia 18 de Novembro de 2014.

Relativamente às máquinas de venda automática optou-se por observar as máquinas de algumas Escolas Secundárias da cidade do Porto e de algumas Faculdades da Universidade do Porto. O critério utilizado foi o maior número de alunos tendo-se selecionado cinco Escolas e cinco Faculdades. Na Universidade do Porto foram incluídas no estudo a Faculdade de Ciências, a Faculdade de Engenharia, a Faculdade de Letras, a Faculdade de Economia e a Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação dada a sua área de saber estar relacionada diretamente com a alimentação. Quanto às Escolas foram selecionadas a Escola Básica e Secundária Clara de Resende, a Escola Secundária Garcia da Orta, a Escola Secundária Aurélia de Sousa, a Escola Secundária Filipa de Vilhena e a Escola Secundária Carolina *Michaelis*. Esta parte do estudo foi realizada no dia 29 de Outubro de 2014.

Nesta tarefa pretendia-se descrever a oferta de fruta fresca cortada analisando os seguintes parâmetros: tipo de fruta e o tipo de embalagem.

De seguida, foi elaborado uma comparação dos resultados obtidos no estudo do mercado português de fruta fresca pré-cortada com um mercado forte de fruta fresca

pré-cortada como o norte-americano tendo por base a informação recolhida nas instituições: *The International Fresh-Cut Produce Association (IFPA)*, *United Fresh Produce Association* e *UCDavis Postharvest Technology Center*.

A caracterização do mercado de iogurtes bicompartimentados foi apenas feita na grande distribuição, no *SuperCor* e no *MeuSuper*. Foram observados nos iogurtes bicompartimentados: marca, denominação, tipo de produto a acompanhar, tipo de embalagem e data de validade.

Foi igualmente feita uma breve pesquisa na internet de algumas empresas portuguesas que produzem fruta fresca pré-cortada como a *Nuvifruits*, *Campotec*, *Estevão Luís Salvador*, *Inofruta* e a *80g*.

3.2. Análise da qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes

3.2.1. Estudo com maçã sem tratamento térmico

As maçãs *Golden Delicious*, provenientes da Região Oeste de Portugal, foram obtidas numa loja de grande distribuição do Porto, no dia anterior, levadas para o laboratório do Campus Agrário de Vairão e mantidas refrigeradas até ao início da experiência. Foram selecionadas, corretamente higienizadas com água clorada a 200 ppm durante 1 min (Hung, Tilly et al. 2010), descascadas, retirado o centro, e cortadas em oitavos: primeiramente foram cortadas em metades e, cada uma delas, cortadas em quatro partes iguais. De seguida, foram mergulhadas numa solução antioxidante de 1 % de ácido ascórbico e 1 % de ácido cítrico a 18 °C durante 3 min (Forney, Song et al. 2010). Cerca de 50,00 g de amostra, foram imediatamente colocadas em frascos cilíndricos de vidro (simulando uma embalagem comercial hermética), no qual para cada tempo de armazenamento foram feitas 3 réplicas e armazenados a $2 \pm 1,9$ °C e $5 \pm 0,5$ °C. Ao longo do tempo de armazenamento (0, 4, 6 10 e 12 dias) foram medidos os seguintes parâmetros: níveis de O₂ e CO₂ (y_{O2}, y_{CO2}) a massa (frasco mais o produto sem tampa), a cor através do colorímetro e foi feita uma inspeção sensorial. É de salientar que este estudo, foi realizado no laboratório a uma temperatura ambiente de 18 °C, no qual as primeiras amostras (3 réplicas) para as primeiras medições retiradas no dia 0 não foram colocadas em frascos nem armazenadas, apenas foram cortadas em oitavos e, logo após o corte, procedeu-se às medições. Este estudo teve início no dia 24 de abril e terminou a 6 de maio.

Como as diferenças, nos resultados obtidos, nesta experiência, foram pouco notórios entre as temperaturas escolhidas realizou-se uma nova experiência, com um procedimento experimental semelhante ao anteriormente descrito, mas as

temperaturas de armazenamento escolhidas foram de $0 \pm 0,8$ °C e $5 \pm 0,5$ °C e os tempos de armazenamento foram 0, 2, 6 e 9 dias (por problemas de oscilação da temperatura na câmara os tempos posteriores não puderam ser considerados). Este estudo teve início no dia 6 de Maio e terminou a 15 de Maio.

Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para a evolução dos gases dentro da embalagem e para os parâmetros de cor medidos instrumentalmente, para se verificar se houve ou não diferenças significativas entre as diferentes temperaturas.

3.2.2. Estudo com maçã com tratamento térmico

As maçãs *Golden Delicious*, provenientes da Região Oeste de Portugal, foram adquiridas numa loja do Porto, foram levadas para o laboratório do Campus Agrário de Vairão e imediatamente refrigeradas. No dia seguinte, foram higienizadas com água clorada a 200 ppm durante 1 min, descascadas, cortadas em oitavos; mergulhadas num banho de água quente a 50 °C durante 30 s, 1 e 2 min e, logo de seguida, imersas numa solução antioxidante de 1 % de ácido ascórbico e 1 % de ácido cítrico próximo de 0 °C durante 3 min. Cerca de 30,00 g de amostra foram embaladas em frascos cilindros de vidro e armazenados a $0 \pm 0,7$ °C. Foram medidos os mesmos parâmetros descritos no ponto anterior: níveis de O_2 e CO_2 (y_{O_2} , y_{CO_2}), a massa (frasco mais o produto sem tampa), a cor através do colorímetro e foi feita uma inspeção sensorial. É de salientar que este estudo, foi igualmente realizado com o laboratório a uma temperatura ambiente de 18 °C, no qual as primeiras amostras (3 réplicas) para as primeiras medições retiradas no dia 0 não foram colocadas em frascos nem armazenadas, apenas foram cortadas em oitavos e, logo após o corte e/ou banho quente, procedeu-se às medições. Os tempos de armazenamento, para este estudo, foram 0, 3, 6, 8 e 10 dias, no qual para cada tempo de armazenamento foram feitas 3 réplicas. Em simultâneo, procedeu-se de igual forma com amostras de maçãs designadas de controlo mas que apenas não sofreram tratamento térmico.

Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para a evolução dos gases dentro da embalagem e para os parâmetros de cor medidos instrumentalmente, para se verificar se houve ou não diferenças significativas entre as diferentes temperaturas e os diferentes tratamentos.

3.2.3. Estudo com morango sem tratamento térmico

Os Morangos provenientes da Região Oeste de Portugal e foram adquiridos numa loja do Porto, tendo a experiencia, iniciada no próprio dia no Laboratório do Campus Agrário de Vairão. De imediato, Cortaram-se as folhas e o pé do morango e

higienizou-se corretamente os frutos com água clorada a 200 ppm durante 1 min, Deixou-se secar em papel absorvente, Cortou-se em 4 partes iguais, pesou-se cerca de 40,00 g de fruta que foram colocadas em frascos de vidro cilíndricos e armazenados a $0 \pm 0,4$ °C e $5 \pm 0,5$ °C durante 0, 1, 3 6 e 8 dias no qual se Mediu-se novamente os mesmos parâmetros anteriores (níveis de O_2 e C_{O_2} (y_{O_2} , y_{CO_2}), a massa, a cor através do colorímetro e foi feita uma inspeção sensorial). Foram efetuadas 3 réplicas (frascos) para cada tempo de armazenamento e temperatura. Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para a evolução dos gases dentro da embalagem e para os parâmetros de cor medidos instrumentalmente, para se verificar se houve ou não diferenças significativas entre as diferentes temperaturas.

3.2.4. Estudo com morango com tratamento térmico

Para se avaliar o efeito do tratamento térmico moderado na preservação do morango realizou-se, ainda, uma nova experiência, em que se dividiu a amostra entre a que foi cortada depois do tratamento térmico (TT_1) e a que foi cortada antes do tratamento térmico (TT_2). Para os morangos que foram cortados depois do tratamento térmico, primeiro cortaram-se as folhas e pés, mergulharam-se uns morangos inteiros durante 30 s e, outros, durante 1 min num banho de água quente a 50 °C, e logo, de seguida foram imersos num banho de água clorada a 0 °C durante 1 min. Deixou-se secar, em papel absorvente e, de seguida, foram cortados em 4 partes iguais e embalados em frascos cilíndricos de vidro e armazenados a $0 \pm 1,1$ °C. Foram feitas 3 réplicas para cada tempo de armazenamento.

Para os morangos que foram cortados antes do tratamento térmico moderado, cortaram-se as folhas, os pés e os morangos em 4 partes iguais. Uns pedaços de morango foram mergulhados num banho de água quente (50 °C) durante 30 s e outros durante 1 min, foram, logo de seguida, imersos num banho de água clorada a 0 °C durante 1 min. Deixou-se secar, em papel absorvente e embalados em frascos de vidro cilíndricos e armazenados a 0 °C. Foram feitas 3 réplicas para cada tempo de armazenamento.

Os tempos de armazenamento, para esta experiência, foram de 0, 1 e 3 dias, no qual se mediu novamente os parâmetros descritos anteriormente (níveis de O_2 e C_{O_2} (y_{O_2} , y_{CO_2}), a massa, a cor através do colorímetro e foi feita uma inspeção sensorial).

Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para a evolução dos gases dentro da embalagem e para os parâmetros de cor medidos instrumentalmente, para se verificar se houve ou não diferenças significativas entre as diferentes temperaturas e os diferentes tratamentos.

3.2.5. Medição da composição dos gases

Ao longo do tempo de armazenamento foi medida os níveis de O₂ e CO₂ dentro de cada embalagem com a ajuda do medidor de gases (PBI *Dansensor*, *CheckMate* 9900). Em cada tampa foi previamente introduzido um septo de borracha que permitiu a recolha com seringa de 2 mL da atmosfera interna do frasco. Efetuaram-se duas medições em cada um dos frascos.

3.2.6. Medição da cor instrumentalmente

A cor num alimento é um atributo muito importante para a caracterização da sua qualidade, uma vez que é uma das primeiras perceções que o consumidor tem do produto e automaticamente podem ser rejeitados se apresentarem cores estranhas. A avaliação instrumental da cor foi realizada num Colorímetro (Chroma Meter CR-400 da Konica Minolta). No qual, em cada tempo de armazenamento, eram recolhidos 3 frascos de cada temperatura e de cada tratamento e era feitas duas medições em 5 pedaços de fruta em cada frasco. Este equipamento permite medir as propriedades cromáticas dos alimentos, que por sua vez são desdobradas em coordenadas num sistema de cor CIE L*, a* e b*. Em que, o L* representa a luminosidade (L=0 até L=100); o a* representa a variação do verde (-a) a vermelho (+a) e o b* representa a variação do azul (-b) até a amarelo (+b). De seguida, com os dados obtidos, calculou-se o ΔE (equação 1), em que L, a e b são os valores médios relativos ao tempo inicial e L_i, a_i e b_i os valores médios relativos ao tempo de amostragem em causa.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_i)^2 + (a - a_i)^2 + (b - b_i)^2} \quad [1]$$

3.2.7. Inspeção sensorial

Também foi feita uma inspeção sensorial com uma escala contínua de 15 cm de 0 a 5, no qual o ponto 0 corresponde ao produto fresco, o ponto 3 corresponde ao limite favorável de consumo e o ponto 5 corresponde ao produto no seu pior estado de deterioração. De seguida, estes valores foram convertidos a percentagem para melhor perceção dos dados obtidos. Para a maçã foi observado a cor acastanhada, o cheiro desagradável e exsudação superficial enquanto para o morango inspecionou-se a cor vermelha, a podridão e o cheiro desagradável.

3.3. Simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes

Para a simulação da evolução dos gases no interior da embalagem foi utilizada a equação 2 (Fonseca, Oliveira et al. 2002).

$$RR = \frac{\Delta y/100}{\Delta t} \times \frac{VI}{m} \quad [2]$$

Sendo que RR é a taxa respiratória ($\text{mLkg}^{-1}\text{h}^{-1}$); Δy é a variação da concentração dos gases (%); Δt é a variação do tempo (h); VI é o volume livre (mL) e m é a massa do produto (kg).

Ajustando a equação 2 para calcular o t obtém-se a equação 3.

$$\Delta t = t_f = \frac{\Delta y/100}{RR} \times \frac{VI}{m} \quad [3]$$

Sabe-se que VI é igual ao $V_{\text{embalagem}} - V_{\text{produto}}$ e que o $V_{\text{embalagem}}$ é igual a $\frac{\pi \times D^2}{4} \times L$ e que o V_{produto} é $\frac{m_{\text{produto}}}{\rho_{\text{produto}}}$. Combinando esta informação à equação 3 obtém-se a equação 4.

$$\Delta t = t_f = \frac{\Delta y/100}{RR} \times \frac{\frac{\pi \times D^2}{4} \times L - \frac{m_{\text{produto}}}{\rho_{\text{produto}}}}{m} \quad [4]$$

É importante salientar os seguintes pressupostos:

- i. A temperatura foi considerada constante.
- ii. O $V_{\text{embalagem}}$ foi considerado constante (pressão atmosférica).
- iii. Relativamente aos produtos foi necessário conhecer a massa, a densidade real, a densidade aparente e a taxa de respiração. Salientando que estes parâmetros são em função do tipo de corte.
- iv. A taxa de respiração foi considerada constante, para y_{O_2} é de 21 % e y_{CO_2} entre 0 – 0,03 %.

3.3.1. Estudo da Embalagem

Para o estudo da embalagem foi importante a simulação da evolução dos gases no interior da embalagem, de forma a determinar o tempo máximo que o produto consegue manter-se na embalagem hermética (que simula uma embalagem comercial que impede o fluxo de gases e líquidos e que traria vantagens na cadeia dos iogurtes), antes de atingir a anaerobiose. Para isso, é preciso ter em consideração

as seguintes variáveis independentes: o tipo de produto, a temperatura, o tipo de corte, a higienização, o volume livre, a massa do produto, o volume da embalagem e a densidade aparente do produto.

Com a ajuda do estudo de mercado foi escolhido uma embalagem em copo com uma forma cilíndrica, semelhante à observada nos iogurtes *Danone – Activia* e nos *PurNatur*. A determinação do volume da embalagem foi feita, com a ajuda de uma proveta e água, com o objetivo de, posteriormente se determinar, o volume livre.

Para se determinar o volume livre dentro da embalagem foi necessário determinar a densidade real da maçã e do morango. A densidade real (ou massa volúmica) de um material pode ser calculada a partir da densidade dos seus componentes, considerando a conservação da massa e do volume (Sumnu 2006). Se a densidade e o volume ou as frações em massa dos constituintes são conhecidas, a densidade pode ser determinada a partir da equação 5.

$$\rho_{real} = \sum_{i=1}^n X_i \rho_i \quad [5]$$

A densidade nos alimentos depende da temperatura e dos principais componentes de um alimento (água, hidratos de carbono, proteína, gordura, cinzas e o gelo) foi apresentada por Choi (1986) as equações a seguir apresentadas.

$$\rho_{\text{água}} = 997,18 + 3,1439 \times 10^{-3}T - 3,7574 \times 10^{-3}T^2 \quad [6]$$

$$\rho_{\text{hidratos de carbono}} = 1599,1 - 0,31046T \quad [7]$$

$$\rho_{\text{proteína}} = 1330 - 0,5184T \quad [8]$$

$$\rho_{\text{gordura}} = 925,59 - 0,41757T \quad [9]$$

$$\rho_{\text{cinzas}} = 2423,8 - 0,28063T \quad [10]$$

$$\rho_{\text{gelo}} = 916,89 - 0,1307T \quad [11]$$

Onde as densidades (ρ) são em kg/m^3 e a temperatura (T) em $^{\circ}\text{C}$ e varia entre -40 a 150 $^{\circ}\text{C}$. As densidades foram calculadas para $T = 4^{\circ}\text{C}$. Para calcular a densidade para cada produto foi utilizado a tabela de composição de alimentos adaptada do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge.

3.3.2. Seleção de um modelo matemático para a taxa de respiração em função da temperatura

3.3.2.1. Maçã

Para a maçã foi utilizado o modelo (equação 6) descrito por (Torrieri, Cavella et al. 2009), no qual, nesse estudo, a taxa de respiração foi determinada a 5, 10, 15 e 20 °C.

$$RR_{O_2} = \frac{RR_{max_0} \exp\left(-\frac{E_{a1}}{R}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)\right)y_{O_2}}{K_{m_0} \exp\left(-\frac{E_{a2}}{R}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)\right)y_{O_2}} \quad [6]$$

Sendo que RR_{O_2} é a taxa de respiração ($mLkg^{-1}h^{-1}$), RR_{max_0} é a taxa de respiração máxima ($mLkg^{-1}h^{-1}$), a uma dada temperatura de referência T_0 (°C), E_{a1} e E_{a2} representam a energia de ativação ($kJmol^{-1}$), R é a constante dos gases ($0,0083144 \text{ kJmol}^{-1}K^{-1}$), y_{O_2} é a concentração de oxigénio (%v/v) e K_{m_0} é a percentagem de oxigénio correspondente a $\frac{RR_{max}}{2}$, a uma dada T_0 . Para este artigo a T_0 foi a média das temperaturas determinadas para a realização desta experiência (12,5 °C).

3.3.2.2. Morango

Relativamente ao morango, como não foi encontrado nenhum modelo, para calcular a taxa de respiração, na literatura, utilizou-se um valor de taxa de respiração para o morango (Tabela IV) inteiro a duas temperaturas (Robinson, Browne et al. 1975).

Tabela IV – Taxa de respiração do morango inteiro (Robinson, Browne et al. 1975)

T (°C)	RR ($mL \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
0	7,6
5	14,1

4. Resultados e Discussão

4.1. Caracterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e de iogurtes bicompartimentados

4.1.1. Fruta fresca pré-cortada

Nas lojas das cadeias de grande distribuição no período de 11 a 18 de Novembro de 2014 em que decorreu este estudo não foi encontrada qualquer fruta fresca minimamente processada (higienizada, cortada e embalada). No supermercado Continente não foi encontrado qualquer tipo de fruta fresca cortada, apenas a fruta desidratada crocante da marca *Frubis*. No Jumbo existia abacaxi cortado em metades e protegido por uma película transparente (Figura 3), bem como meloa cortada a meio (Figura 4), também protegida por uma película transparente. Em relação ao *Lidl* não se encontrou qualquer fruta fresca cortada, apenas kiwi inteiro embalado e alguns frutos vermelhos (framboesas, mirtilos e morangos) mas não se encontravam cortados. O Mini-preço apresentava alperce seco embalado e fruta desidratada crocante da marca *Fruut* e *Frubis*, não havendo, também, qualquer tipo de fruta fresca cortada. Por fim, no Pingo Doce havia apenas frutos vermelhos (framboesas, mirtilos e morangos) embalados mas não se encontravam cortados.



Figura 3 - Abacaxi cortado em metades e protegido por uma película transparente



Figura 4 – Meloa cortada em metades e protegida por uma película transparente

Na loja *SuperCor* foi encontrada fruta cortada variada da marca 80g: abacaxi cortado aos cubos da marca 80g e manga, abacaxi e papaia cortado aos cubos da marca 80g. As embalagens eram transparentes em forma de cilindro, como se observa na Figura 5.



Figura 5 – Fruta cortada da marca 80g em embalagens transparentes em forma de cilindro na loja *SuperCor*

Em nenhuma máquina de venda automática analisada neste estudo, quer em Faculdades quer em Escolas Secundárias encontrou-se fruta fresca pré-cortada, contudo observou-se uma clara diferença na oferta apresentada pelas máquinas nas Faculdades e nas Escolas Secundárias. Relativamente às Faculdades os produtos geralmente encontrados foram refrigerantes, sumos de fruta, água natural, leite com chocolate, bolachas, batatas fritas, chocolates, biscoitos com chocolate, pastilhas elásticas, *croissants*, lanches, *snacks* e iogurtes líquidos (Figura 6). Quanto às Escolas, estas estão a implementar um plano de alimentação saudável imposto pela Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação do Governo de Portugal, através do Núcleo de Educação para a Saúde, em que se pretende que as comunidades educativas estejam esclarecidas sobre o tipo de alimentos a promover, a limitar e a não disponibilizar. Este referencial serve de guia aos estabelecimentos escolares (ensino básico e secundário), para que possam disponibilizar serviços baseados nos princípios da educação alimentar, que, está transposto no Decreto-lei nº55/2009 de 2 de Março, que regula a disponibilização de alimentos e bebidas em ambiente escolar abrangendo as máquinas de venda automática. Não foi encontrada fruta fresca cortada nas máquinas de venda automática nas escolas, mas estas continham apenas água, iogurtes líquidos, bolachas integrais, bolachas Maria e sandes, não existindo alguns produtos como os refrigerantes, batatas fritas e os chocolates.



Figura 6 – Exemplo de uma máquina de venda automática numa Faculdade.

Nas gasoleneiras não foi encontrado qualquer tipo de fruta fresca pré-cortada. Neste tipo de estabelecimento, vendiam apenas chocolates, refrigerantes, água natural, água com gás, café, bebidas alcoólicas, gomas, pastilhas elásticas, batatas fritas, *snacks* e gelados.

4.1.2. Iogurtes bicompartimentados

Observando os resultados apresentados no anexo I, Tabela VIII pode-se dizer que os iogurtes encontrados eram apresentados predominantemente em cuvetes lado-a-lado sendo apenas encontrado *Danone – Activia* e o *PurNatur* em copo. Relativamente ao tipo de acompanhamento normalmente foram cereais, chocolates ou biscoitos/*cookies* (Figura 7) encontrando-se apenas o *Danone – Activia* com fruta – pedaços de morangos liofilizados misturados com cereais (Figura 8).



Figura 7 – Exemplos de iogurtes bicompartimentados



Figura 8 – Iogurte bicompartimentado, em copo, com pedaços de morangos liofilizados misturados com cereais

4.1.3. Empresas portuguesas de fruta fresca cortada

De seguida é apresentada a informação considerada mais relevante das empresas portuguesas de fruta fresca pré-cortada, recolhida nas respetivas páginas *web* das empresas.

80g – Fruta Fresca Cortada – a empresa 80g, S.A entrou no mercado em 2006. Situa-se na freguesia de Lourinhã, em Lisboa e consiste no processamento e comercialização de fruta fresca cortada, pronta a consumir. A fruta que a 80g comercializa utiliza processos inovadores de conservação, recorrendo a revestimentos comestíveis (adaptados especificamente a variedades de fruta nacionais), que não são visíveis nem detetáveis pelo paladar, em conjunto com embalagens com permeabilidade seletiva. O nome – 80g – deve-se à quantidade que cada embalagem contém de fruta fresca cortada, que corresponde ao consumo diário recomendado por dose de frutas e legumes pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que indica um consumo de, pelo menos, cinco doses diárias de 80g de frutas e legumes.

Inofruta - *Fruitizy* – Produtos Alimentares, Lda. – é uma empresa que desenvolve como atividade principal a produção, a comercialização e a distribuição de frutas frescas higienizadas e/ou cortadas e/ou descascadas e prontas a consumir. Está no mercado há mais de 10 anos tendo centrado a sua atividade comercial, principalmente, no ramo da Hotelaria, *Catering* e Restauração. Os produtos são naturais, sem adição de açúcar, convenientes, prontos a comer em taças individuais e são adaptados e apropriados sobretudo para o *Food Service* (Hotelaria, Restauração e *Catering*) e *Vending* (Máquinas de venda automática). São distribuídos a nível nacional (Portugal Continental) em transporte refrigerado, com prazos de entrega de 48 a 72 horas após a confirmação da encomenda. E, ainda, é fornecido um serviço que permite aos clientes terem os seus produtos à medida das suas necessidades, de acordo com o tipo de corte, tipo de fruta, quantidade e apresentação que pretendam. As frutas utilizadas pela Inofruta são o abacaxi, o kiwi, a manga, a melancia, o melão, o morango, a papaia, a uva, a maçã, a laranja, a meloa e a pera.

A Estevão Luís Salvador é uma empresa industrial que exporta produtos de 5ª gama (sopas refrigeradas) para a Polónia e vende produtos de 4ª gama (sopas e saladas de fruta cortada pré-preparadas) e a granel para os principais hipermercados nacionais, recorrendo essencialmente a fornecedores nacionais.

Campotec – tem como atividade o comércio de fruta, batata e produtos hortícolas minimamente processados (4ª gama), para além do embalamento e comercialização de produtos hortofrutícolas sem processamento. No ano 2000 a Campotec apostou nesta nova área de negócio apresentando ao mercado um produto já preparado e lavado, pronto a consumir, acompanhando as mais recentes tendências

a nível do sector hortofrutícola. Atualmente, produzem-se na unidade de produtos minimamente processados da Campotec, os mais diversos produtos desde saladas diversas a batatas aos cubos, passando pela fruta minimamente processada.

Nuvifruits – tem como objeto social produzir fruta fresca cortada de quarta gama, ou seja, fruta minimamente processada, além de sobremesas de fruta, desde as mais simples, às enriquecidas com vitaminas, minerais e simbióticos. Tendo como principal meta a conquista do mercado português da grande distribuição, o grupo está a estabelecer contactos com as marcas Pingo Doce, Continente e também *El Corte Inglés*. É importante salientar que o produto já é servido nos voos de médio curso da TAP, sendo que existe a possibilidade de o estender para os voos de longo curso. Este grupo criou, ainda, a unidade que fabrica a fruta desidratada crocante da marca *Frubis*.

4.1.4. Instituições internacionais ligadas ao setor da fruta fresca pré-cortada

A IFPA (*International Fresh-Cut Produce Association*) representa a liderança mundial na indústria de produtos frescos cortados, no qual fornece aos membros, deste grande grupo, vantagens através de fóruns *on-line*, diretrizes e especialização focada exclusivamente no sector de produtos frescos cortados.

Fundada em 1987, a IFPA ajuda cerca de 500 membros, incluindo, produtores, distribuidores, retalhistas, compradores e empresas que fornecem bens e serviços para a indústria de produtos frescos cortados.

É a única associação da indústria que fornece os conhecimentos e as informações técnicas necessárias para fornecer alimentos, convenientes, seguros e saudáveis.

Fundada em 1904, *United Fresh Produce Association* reúne todas as empresas que de alguma maneira estão ligadas à produção de produtos frescos cortados, incluindo produtores, distribuidores, retalhistas e produtores de fruta e legumes pronto a comer. Esta associação disponibiliza os recursos necessários às empresas para o desenvolvimento de produtos frescos cortados seguros, saudáveis e com um tempo de vida útil alargado para o consumidor.

A principal preocupação desta associação é a segurança alimentar e a nutrição dos produtos frescos cortados.

A UC *Davis Postharvest Technology* – Center, da Universidade da Califórnia, EUA, tem como objetivos ser a principal fonte de informação sobre qualidade e a segurança de produtos frescos cortados; comunicar eficazmente a informação e o conhecimento sobre a tecnologia pós-colheita que melhora a qualidade, a segurança e a comercialização de produtos frescos pré-cortados e agrupar toda a colaboração e

informação inovadora de produtos frescos cortados entre todos os membros desta Universidade, da indústria alimentar, do governo e de outras instituições académicas de todo o mundo. Neste grupo de pesquisa sobre produtos frescos cortados, pode encontrar-se informações desde o armazenamento de produtos frescos cortados, desordens fisiológicas da fruta fresca cortada, uma biblioteca com várias informações sobre práticas e medidas a tomar pós-colheita e *Workshops* a realizar, no qual, qualquer membro pode participar.

4.2. Análise da qualidade da fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes

As barras que se apresentam nas figuras ao longo deste capítulo correspondem ao desvio padrão.

4.2.1. Estudo com maçã sem tratamento térmico

A evolução dos gases (O_2 e CO_2) dentro das embalagens fechadas com maçã ao longo de 12 dias armazenadas a 2 e 5°C é apresentada nas figuras 9 e 10, respetivamente. No Anexo II, Tabela XII encontram-se os resultados tabelados.

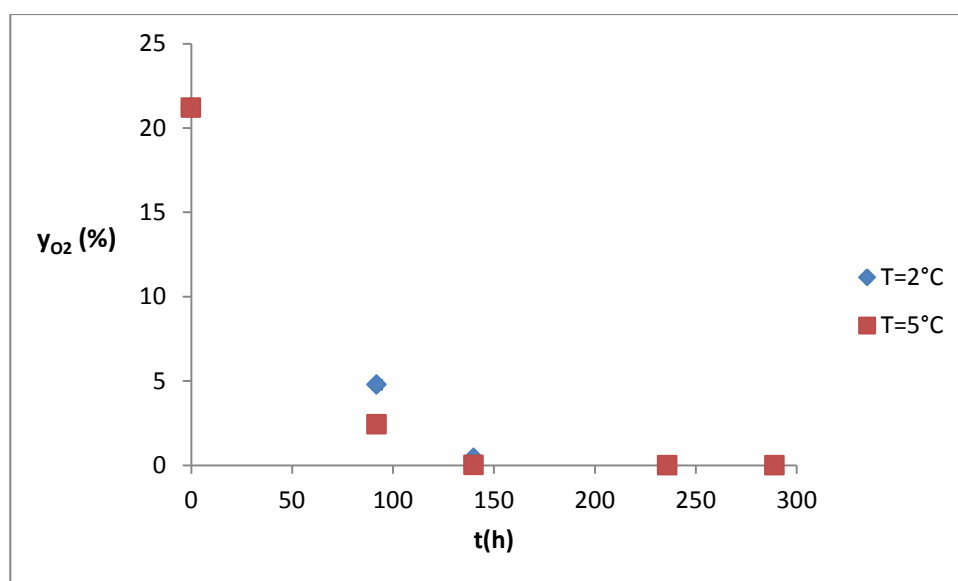


Figura 9 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

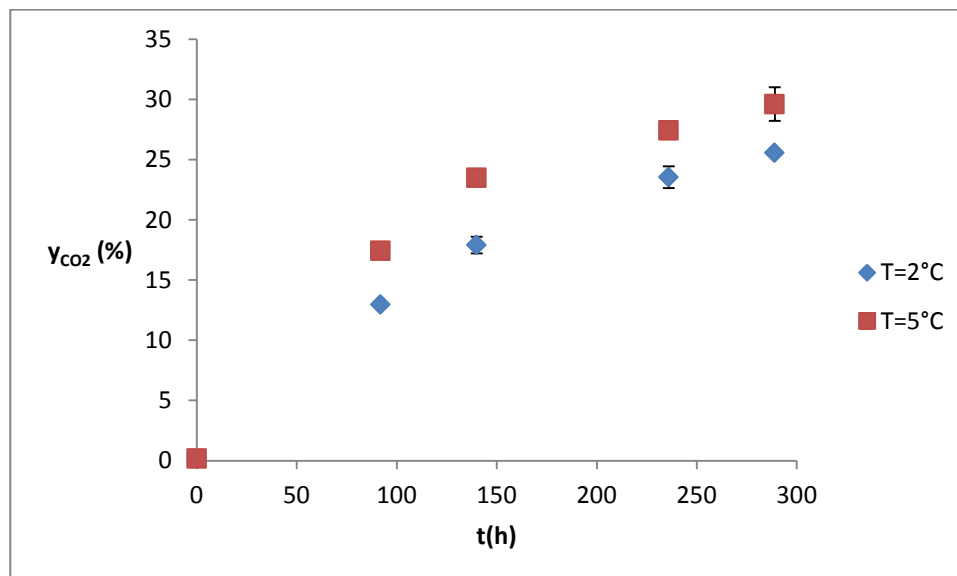


Figura 10 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Verifica-se que o O_2 diminui mais rapidamente a 5 °C que a 2 °C, mas ambos atingem valores próximos de anaerobiose ao 6º dia (140 h) com uma percentagem de 0,43 % à temperatura de 2 °C e de 0,028 % a 5 °C. Esta diferença na concentração de O_2 é mais significativa no 4º dia, com 4,74 % a 2 °C e 2,42 % a 5 °C. Quanto à percentagem de CO_2 , observa-se um crescimento mais rápido para a temperatura de 5 °C. Ao fim dos 12 dias, a percentagem de CO_2 é de 25,5 % e de 29,6 % para 2 °C e 5 °C, respetivamente. O consumo do O_2 e a produção de CO_2 na embalagem, devido à taxa de respiração do produto, são esperados que sejam mais rápido com o aumento da temperatura (Kader 2010). Contudo, as diferenças são muito ligeiras na evolução dos gases entre estas temperaturas, especialmente para o O_2 , logo foi realizada uma nova experiência com temperaturas mais afastadas (0 °C e 5 °C).

Não foi verificado uma perda de massa muito significativa neste estudo; os valores de perda de massa para a temperatura de 2 °C foi de 0,8 % a 1,7 % e de 5 °C foi de 1,0 % a 2,9 % ao longo dos 12 dias, o que pode considerar-se relativamente baixo e por isso desprezável (Anexo II, Tabela XI).

A evolução da cor medida instrumentalmente, para os parâmetros L^* , a^* , b^* e ΔE são apresentadas nas Figuras 11, 12, 13, 14 e os resultados experimentais encontram-se no Anexo II, Tabela XV.

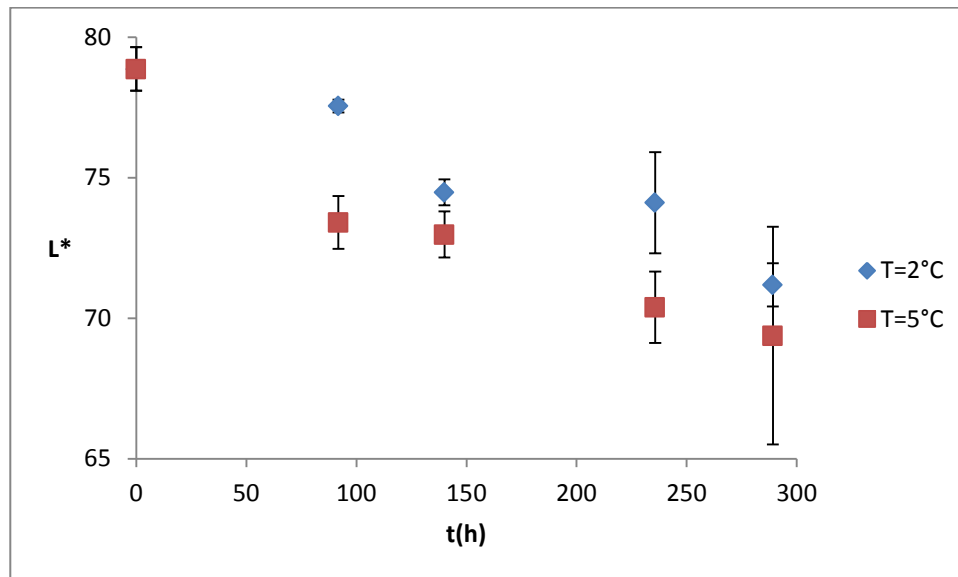


Figura 11 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Os valores relativos ao parâmetro da luminosidade (L^*) da superfície dos pedaços de maçã sem terem sofrido tratamento térmico e armazenados a 2 e 5 °C estão apresentados na Figura 11. Pode observar-se que o L nas duas temperaturas vai diminuindo ao longo o tempo, no qual a 2 °C o L^* é de 78,87 no dia 0 e de 71,18 no dia 12 e a 5 °C é de 78,87 no dia 0 e de 69,38 no dia 12. Como o L^* está compreendido entre 0 a 100 sendo que 0 os pedaços de maçã são mais escuros e para 100 são mais claros e dado que os valores rondam entre 70 a 80 pode deduzir-se que os pedaços de maçã apresentam muita luminosidade e que a luminosidade diminui com o tempo, sendo que a 5 °C, no último dia, apresentam uma luminosidade mais baixa que a 2 °C. Provavelmente isto acontece devido à temperatura ser mais baixa o que leva a um aparecimento da cor acastanhada. A maior dispersão dos resultados para os últimos tempos confirma igualmente o aparecimento da cor acastanhada, que não é uniforme em toda a superfície e por isso o equipamento mede diferentes tonalidades.

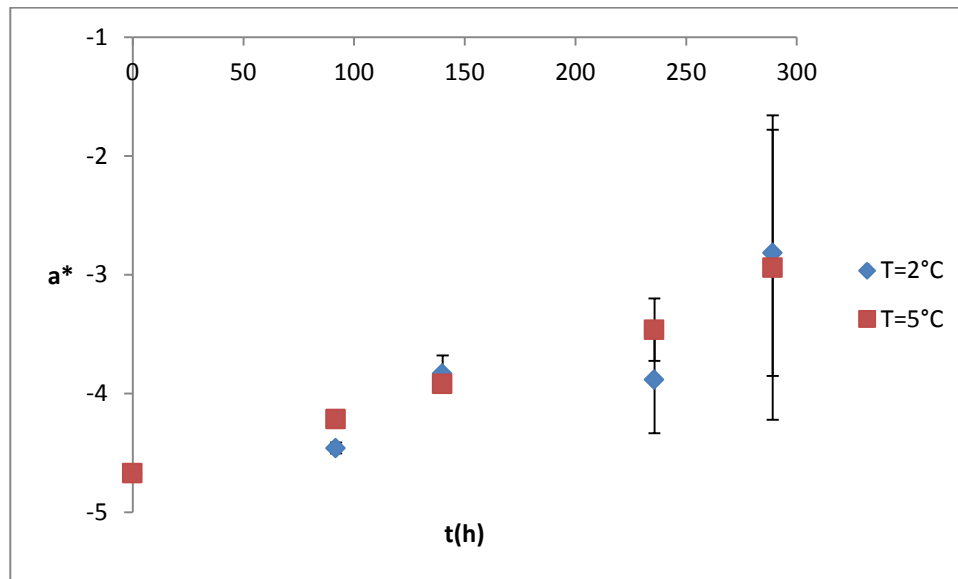


Figura 12 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na Figura 12 estão apresentados os valores relativos ao parâmetro a^* também para os pedaços de maçã sem tratamento térmico armazenados a 2 e 5 °C. Quanto a esta coordenada de cromaticidade, não se verifica uma grande variação entre as temperaturas, mas observa-se um aumento do valor com o tempo. O valor do parâmetro a^* para 2 °C e 5 °C apresenta, inicialmente, um valor de -4,67 e, no último dia do estudo, de -2,82 e de -2,94, respetivamente. Uma vez que os valores se encontram todos na faixa negativa, significa que os pedaços de maçã contêm coloração para o lado do verde. Novamente observa-se um aumento da dispersão com o tempo, indicando uma menor homogeneidade de cor nas superfícies das maçãs.

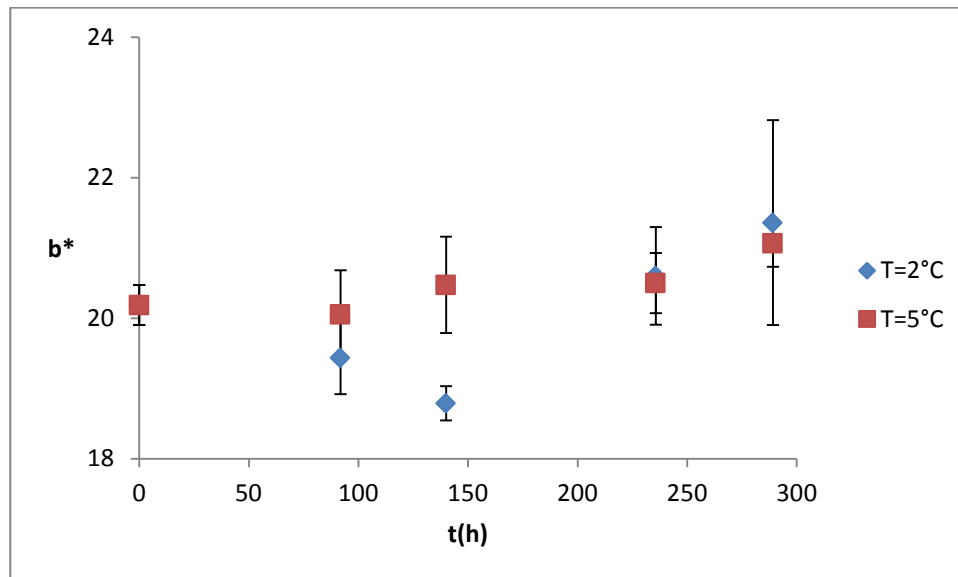


Figura 13 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na figura 13 estão apresentados os valores relativos ao parâmetro b^* . Para este parâmetro os valores não variam muito ao longo do tempo de armazenamento, obtendo-se sempre valores entre os 18 e 20 nem observam-se claras diferenças entre as temperaturas. Os valores de b^* são positivos, indicando assim que os pedaços de maçã têm coloração amarela.

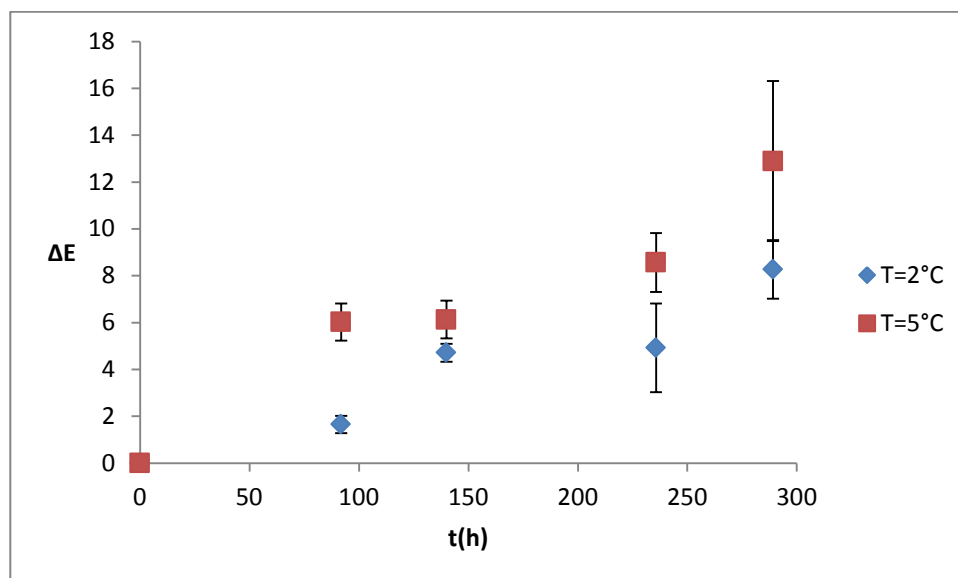


Figura 14 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Por fim, para verificar efetivamente quais, os pedaços de maçã que apresentavam uma cor mais diferente da cor inicial (dia 0) foi calculada a diferença de

cor, ΔE , as quais estão representadas na figura 14. Verifica-se que, em termos globais e considerando todos os parâmetros de cor, o ΔE aumenta com o tempo, como esperado e não existe uma grande variação entre estas duas temperaturas; no entanto, verifica-se que para, a temperatura de 5 °C, o ΔE é um pouco mais elevado do que para 2 °C o que significa que os pedaços de maçã, armazenados a uma temperatura mais elevada, sofreram uma alteração mais evidente na cor do que a 2 °C.

Após a medição com o colorímetro, foi realizado uma inspeção sensorial, na qual as figuras 15 e 16 representam aos valores obtidos para a cor acastanhada e a exsudação, respetivamente. Salienta-se que não foi sentido qualquer cheiro desagradável durante todo o estudo, por isso não foi feito nenhum gráfico para esta característica sensorial. Nas figuras 17, 18 e 19 pode observar-se a evolução da qualidade dos pedaços de maçã ao longo do tempo.

Relativamente à cor acastanhada, pode verificar-se que foi mais notória na temperatura de 5 °C e pelas figuras 18 e 19 observa-se que o escurecimento apresenta-se mais acentuado nas partes internas da fruta (zona central próxima das sementes). Esta constatação leva a concluir que a região das sementes deve ser generosamente retirada. Relativamente à exsudação superficial, esta é também mais acentuada a 5 °C, como seria de esperar (Figura 16).

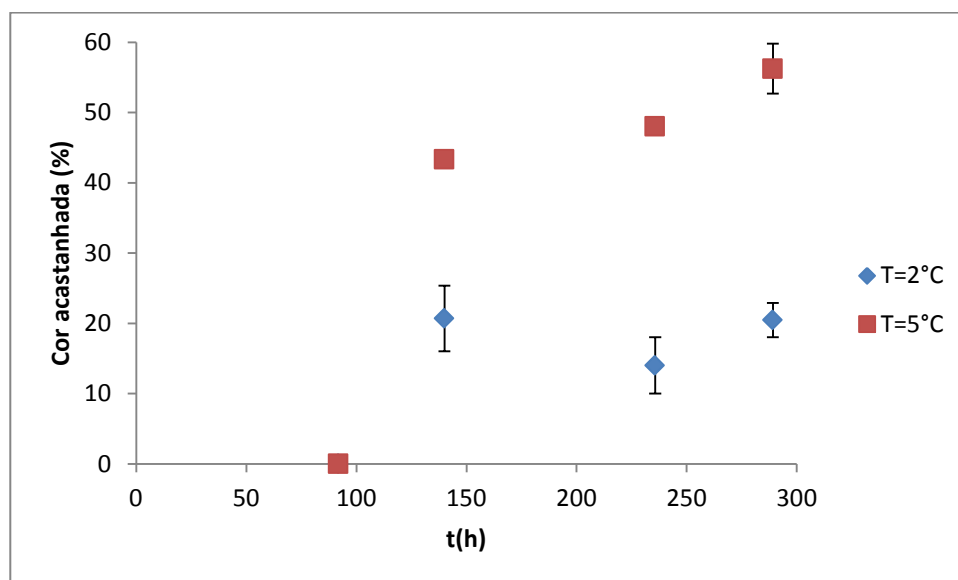


Figura 15 – Evolução da cor acastanhada dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

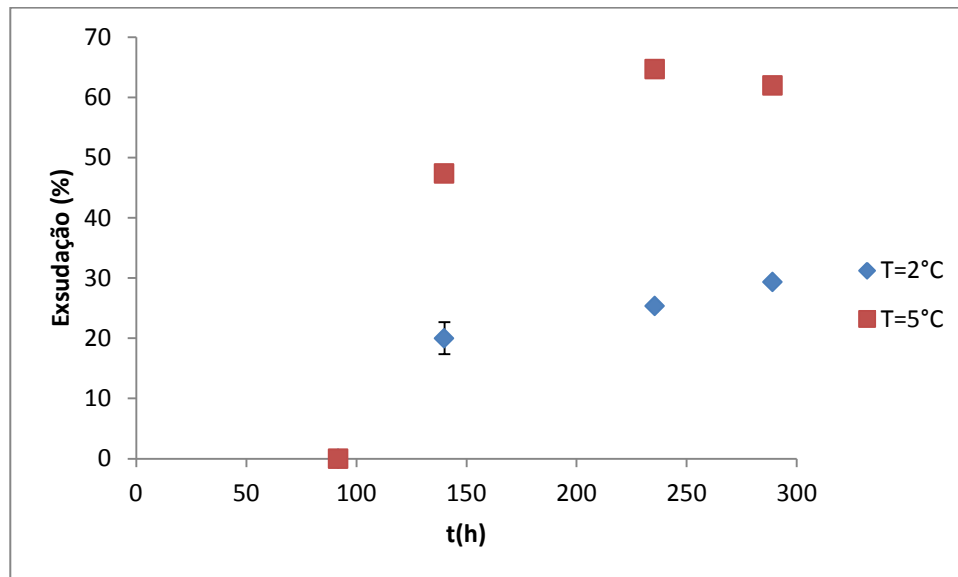


Figura 16 – Evolução da exsudação dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

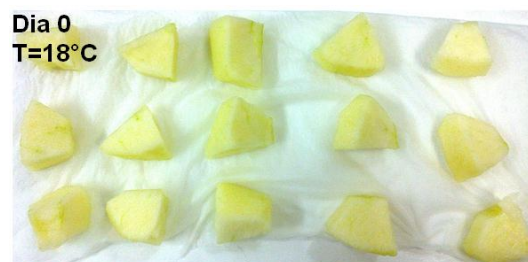


Figura 17 – Pedaços, logo após corte, de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

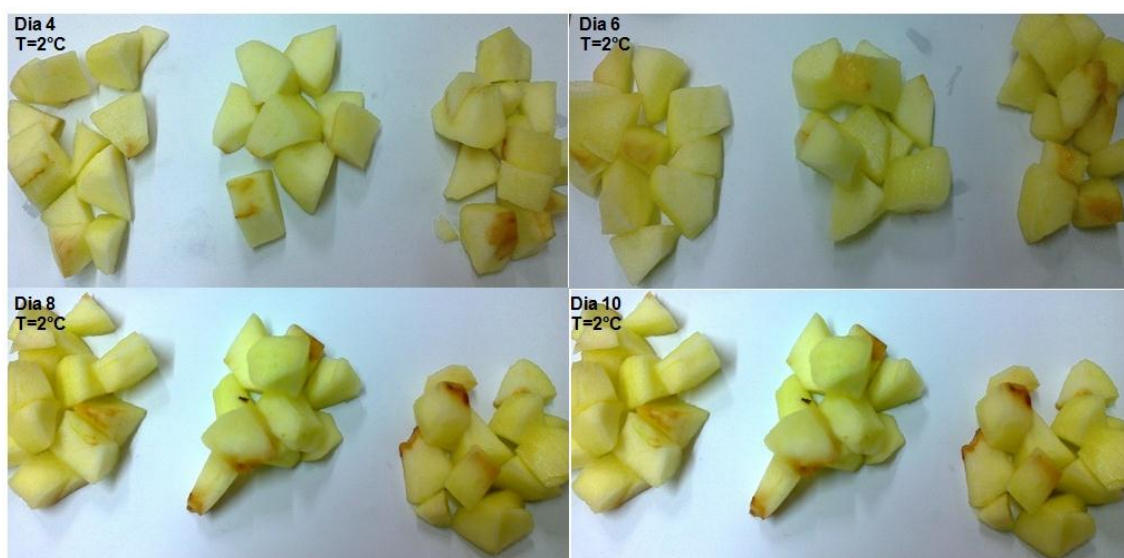


Figura 18 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 2 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

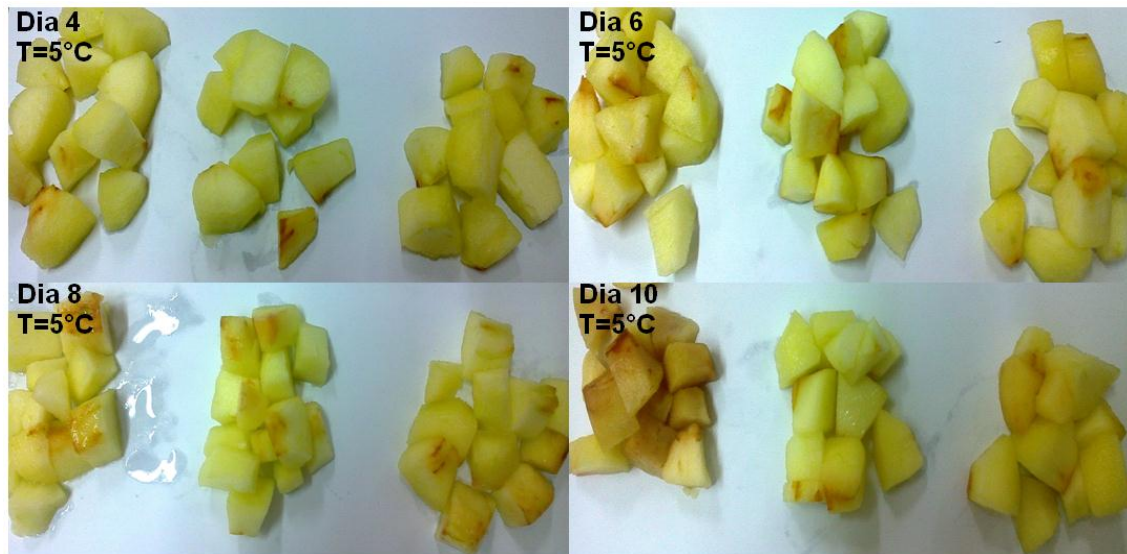


Figura 19 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 5 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

As figuras 20 e 21 mostram a evolução dos gases dentro da embalagem fechada para a segunda experiência da maçã, sem tratamento térmico, realizada a 0 e 5 °C.

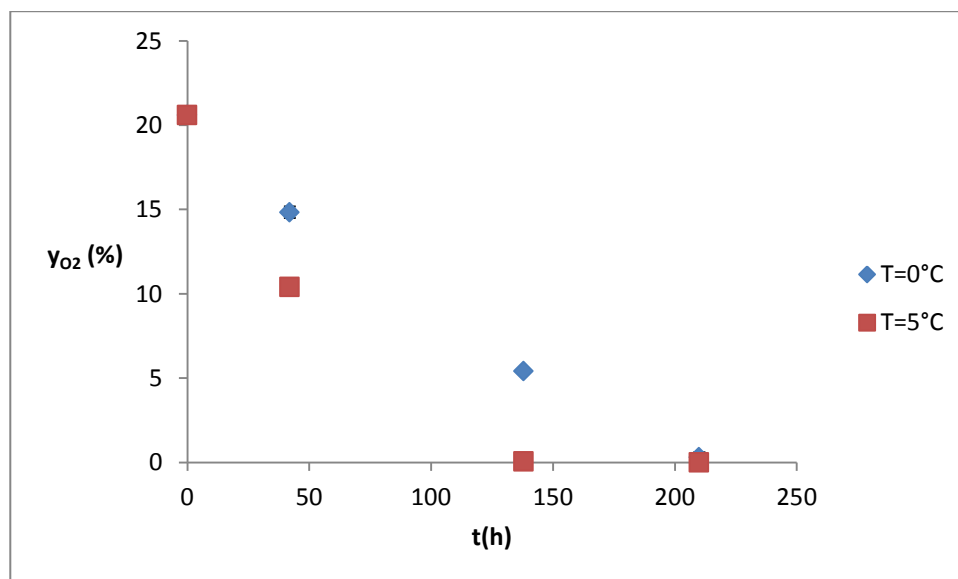


Figura 20 – Evolução da concentração do yO₂ dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

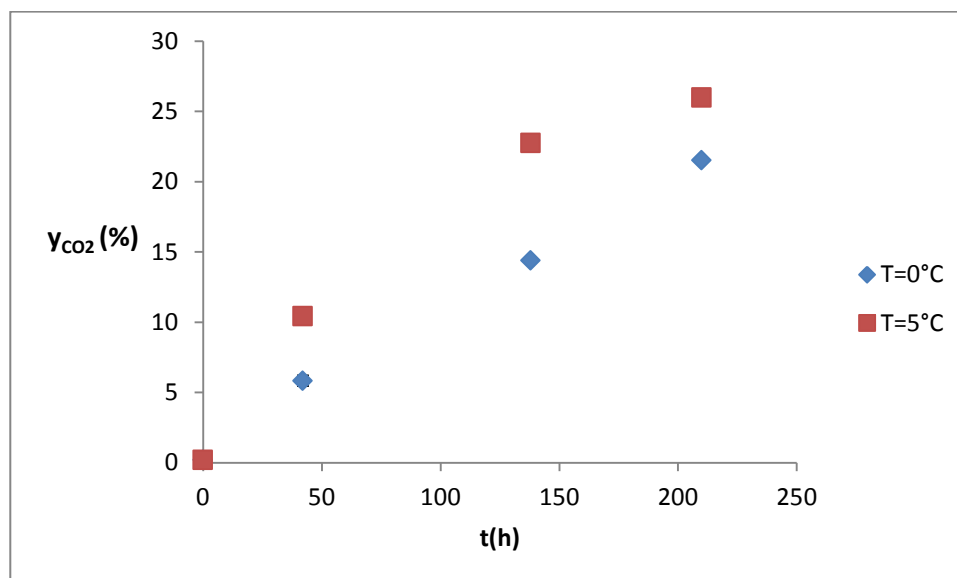


Figura 21 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Verifica-se que O_2 diminui mais rápido a 5 °C que a 0 °C. A 0 °C atinge a anaerobiose ao 9º dia (210 h) com uma percentagem de 0,3 % e a 5 °C ao 6º dia (138 h) com 0,07 % de O_2 . Esta rápida diminuição do O_2 , a 5 °C é muito significativa do 2º dia, com 10,4 % para o 6º dia, atingindo logo a anaerobiose. Quanto à percentagem de CO_2 , observa-se um crescimento mais rápido para a temperatura de 5 °C. Ao fim dos 9 dias, a percentagem de CO_2 é de 21,5 % e de 26,0 % para 0 °C e 5 °C, respetivamente.

Relativamente ao controlo de massa (anexo III, Tabela XII), tal como no estudo anterior a perda de massa não foi significativa sendo considerável desprezável. Os valores de perda de massa para a temperatura de 0 °C foi de 0,1 % a 0,7 % e de 5 °C foram de 0,0 % a 0,3 %.

De seguida, efetuou-se a medição da cor instrumentalmente, no qual os parâmetros obtidos de cor estão indicados nas Figuras 22, 23 e 24 e foi calculado o ΔE (Figura 25), tendo por base a Equação 1.

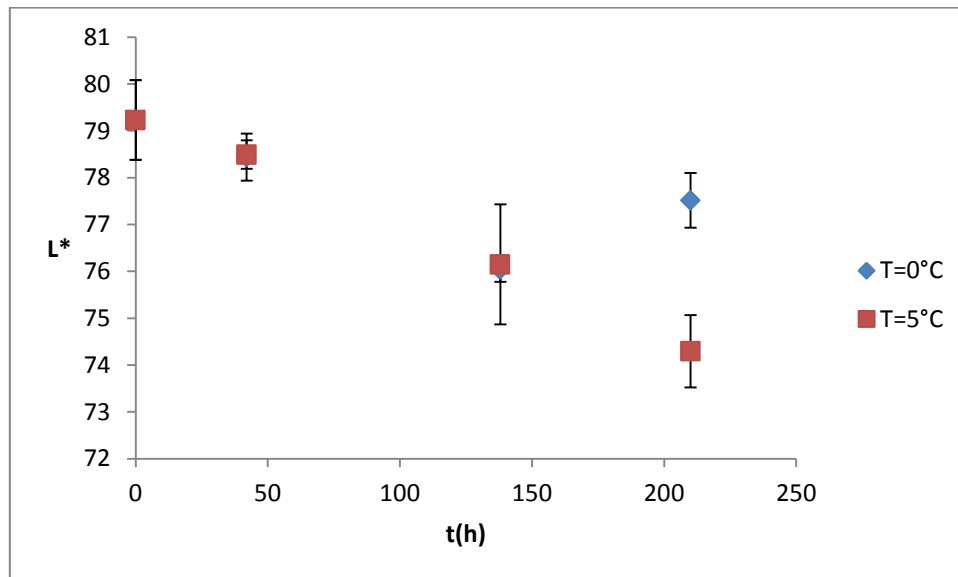


Figura 22 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Neste 2º estudo, e tal como o anterior, pode observar-se que o L^* para as duas temperaturas vai diminuindo ao longo o tempo, no qual a 0 °C o L^* é de 79,23 no dia 0 e de 77,52 no dia 9 e a 5 °C é de 79,23 no dia 0 e de 74,29 no dia 9. Como o L^* experimental está compreendido entre 74 a 79 pode deduzir-se que os pedaços de maçã apresentam muita luminosidade, sendo que a 5 °C, no último dia, apresentam uma luminosidade ligeiramente mais baixa que a 0 °C. Provavelmente isto acontece devido à temperatura ser mais baixa o que leva a um aparecimento da cor acastanhada.

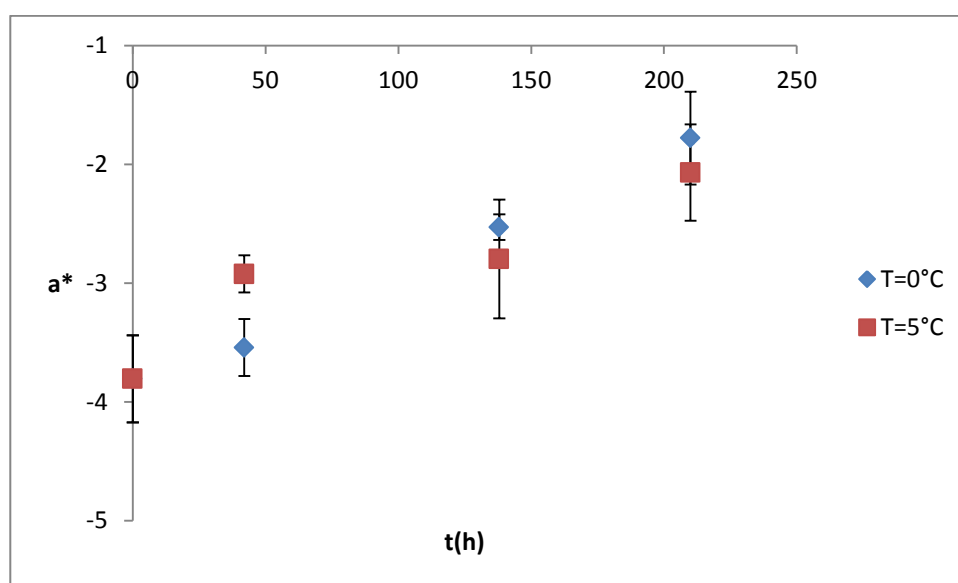


Figura 23 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Quanto aos valores relativos ao parâmetro a^* , verifica-se um aumento com o tempo mas, não se verifica clara diferença entre temperaturas. No qual, L^* para 0 °C e 5 °C apresenta, inicialmente, um valor de -3,81 e, no último dia do estudo, de -1,78 e de -2,07, respetivamente. Uma vez que os valores se encontram todos negativos, significa que predomina nos pedaços de maçã a coloração verde em vez da vermelha.

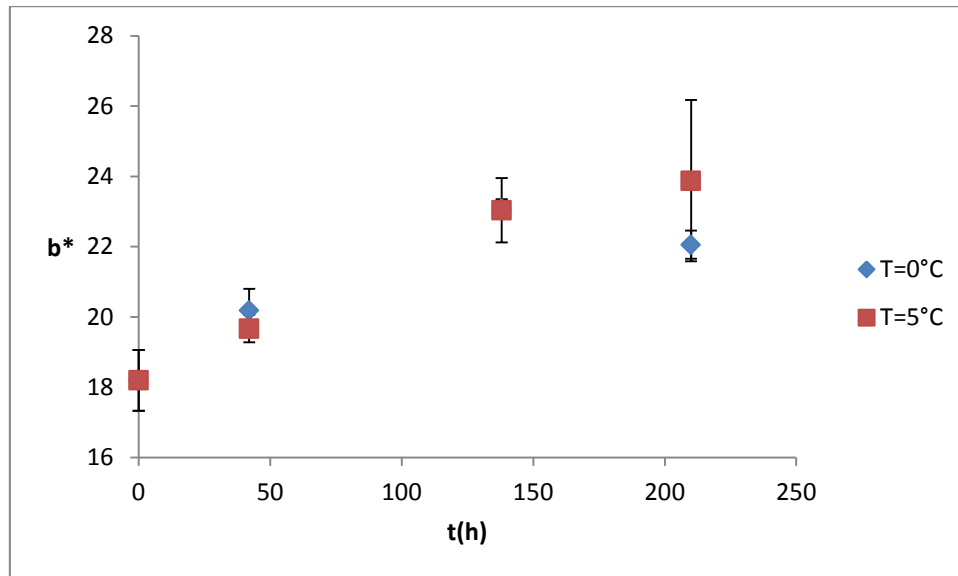


Figura 24 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Tal como no estudo anterior os valores relativos ao parâmetro b^* também não aumentam ao longo do tempo de armazenamento, obtendo-se valores entre os 18 e 24, não havendo diferenças entre temperaturas. Como são valores positivos, indica assim que predominam nos pedaços de maçã a coloração amarela em vez da azul.

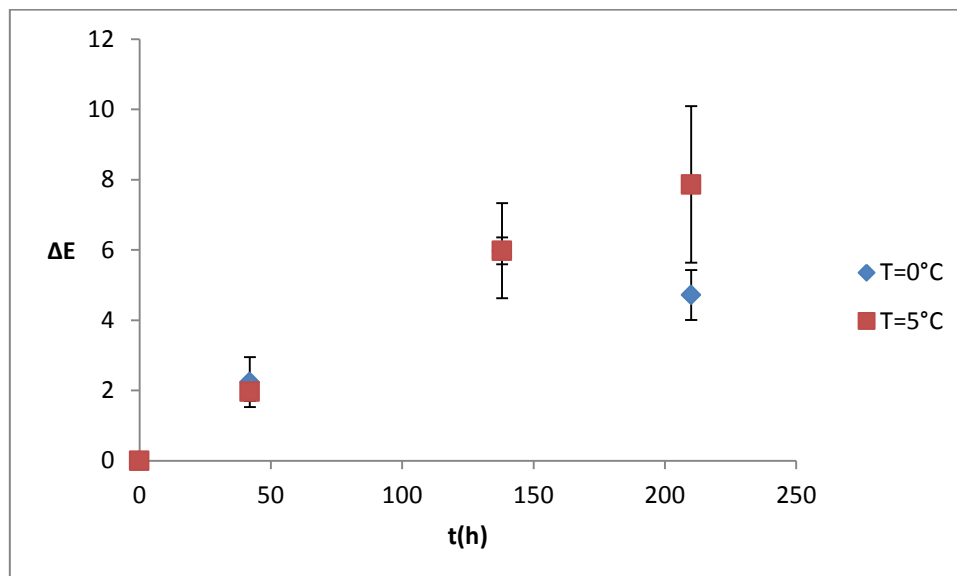


Figura 25 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Por fim, para verificar se efetivamente quais os pedaços de maçã que apresentavam uma cor mais diferente da cor inicial (dia 0), também foram calculadas as diferenças de cor, ΔE , para este estudo. Verifica-se que, em geral e considerando todos os parâmetros de cor, não existe uma grande variação entre estas duas temperaturas, no entanto, verifica-se que para, a temperatura de 5 °C, o ΔE é um pouco mais elevado do que para 0 °C, principalmente nos últimos dias, o que significa que os pedaços de maçã, armazenados a uma temperatura mais elevada, sofreram uma alteração mais evidente na cor do que a temperaturas mais baixas.

Tal como no estudo anterior, não foi detetado cheiros desagradáveis durante todo o tempo de armazenamento, por isso não foi feito nenhum gráfico para esta característica sensorial. Relativamente à cor acastanhada figura 26 pode-se verificar, tal como no estudo anterior, que foi mais salientada na temperatura de 5 °C e pelas Figuras 28 e 29 observa-se que o escurecimento apresenta-se mais acentuado nas partes internas da fruta e onde foi feito o corte. Relativamente, à exsudação superficial (Figura 27) é também mais acentuada a 5 °C. Pode-se, também, observar que neste estudo a 0 °C a cor acastanhada foi menos acentuada que a 2 °C do anterior estudo.

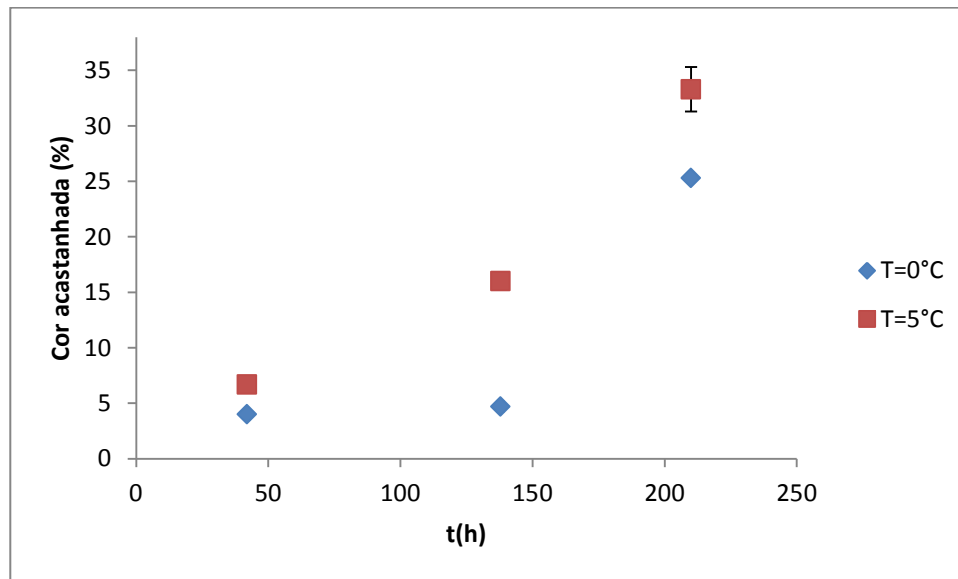


Figura 26 – Evolução da cor acastanhada dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

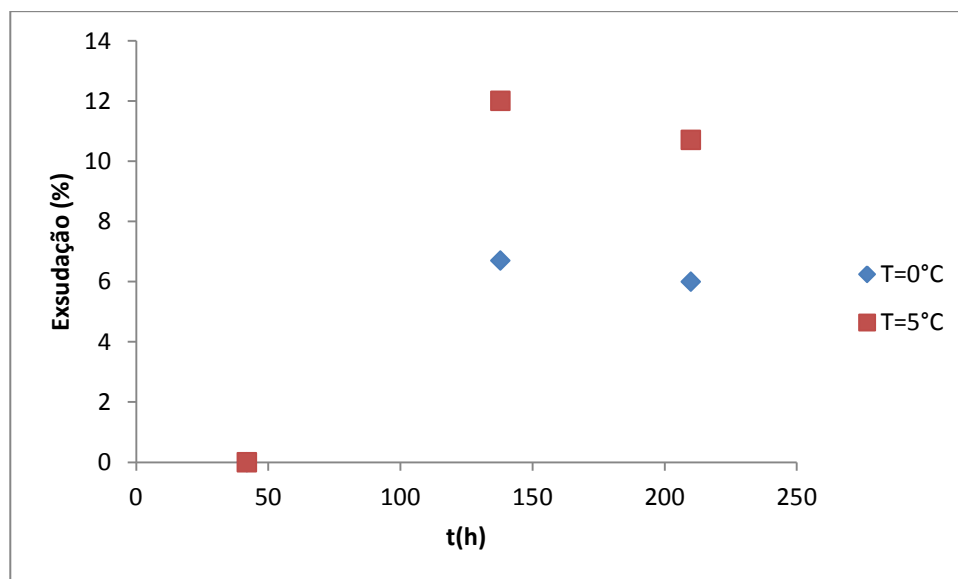


Figura 27 – Evolução da exsudação dos pedaços de maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

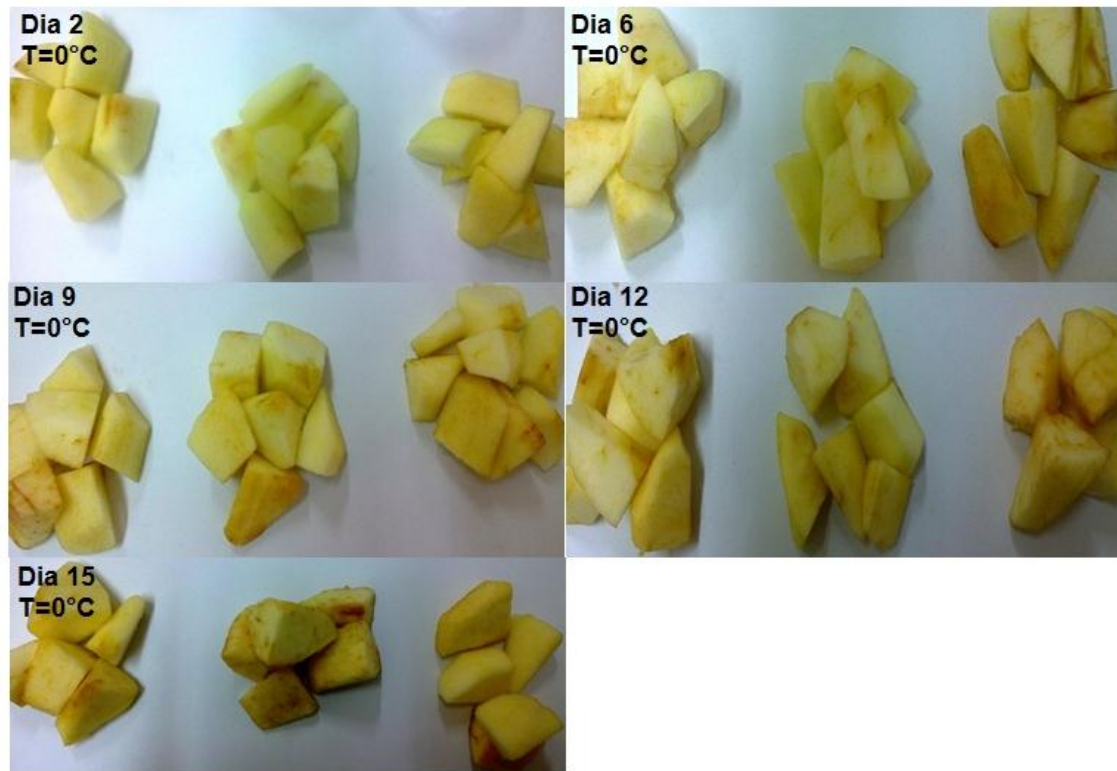


Figura 28 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

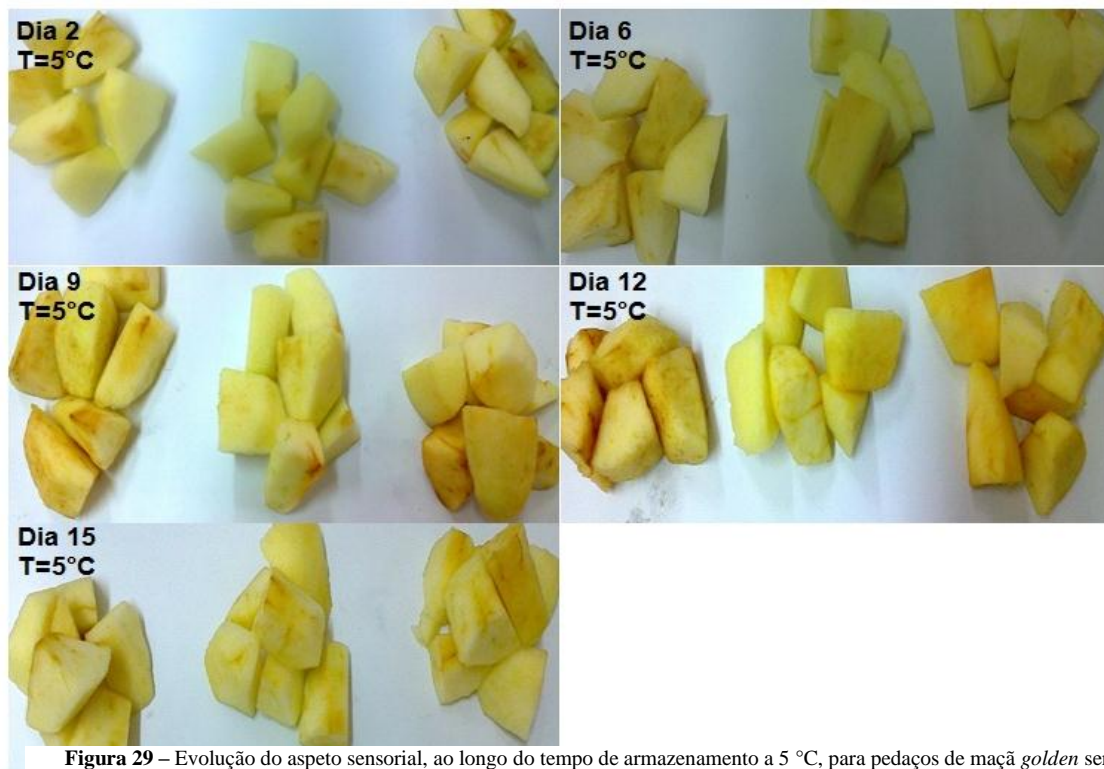


Figura 29 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 5 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

Relativamente, aos testes de variâncias elaborados para se verificar se houve ou não diferenças significativas entre as duas temperaturas para estes dois estudos, observando as Tabelas de XIX a XXVIII podemos dizer que no 1º e 2º estudo para a maçã sem tratamento térmico para a y_{O_2} e y_{CO_2} existe uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as temperaturas de 2 °C e 5 °C e de 0 °C a 5 °C ao longo o tempo de armazenamento. Quanto aos parâmetros de cor, não existe diferenças significativas nos dois estudos entre as temperaturas diferentes de armazenamento mas nota-se uma diferença significativa para cada uma das temperaturas ao longo do tempo, ou seja para os dois estudos os pedaços de maçã vão tendo alterações na luminosidade. O que já era notório na inspeção sensorial pois, ao longo do tempo, os pedaços de maçã sem tratamento térmico ficavam cada vez mais escuros devido ao escurecimento enzimático. No parâmetro b^* , para os dois estudos não se verifica uma diferença significativa entre as temperaturas nem ao longo do tempo. Por fim, o parâmetro a^* não existe diferenças significativas para as diferentes temperaturas para os respetivos estudos mas é evidente uma diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento.

4.2.2. Estudo com maçã com tratamento térmico

As Figuras 30 e 31 apresentam a evolução ao longo do tempo dos gases dentro da embalagem fechada para o estudo com maçã com tratamento térmico a 30 s, 60 s e 120 s, armazenada a 0 °C.

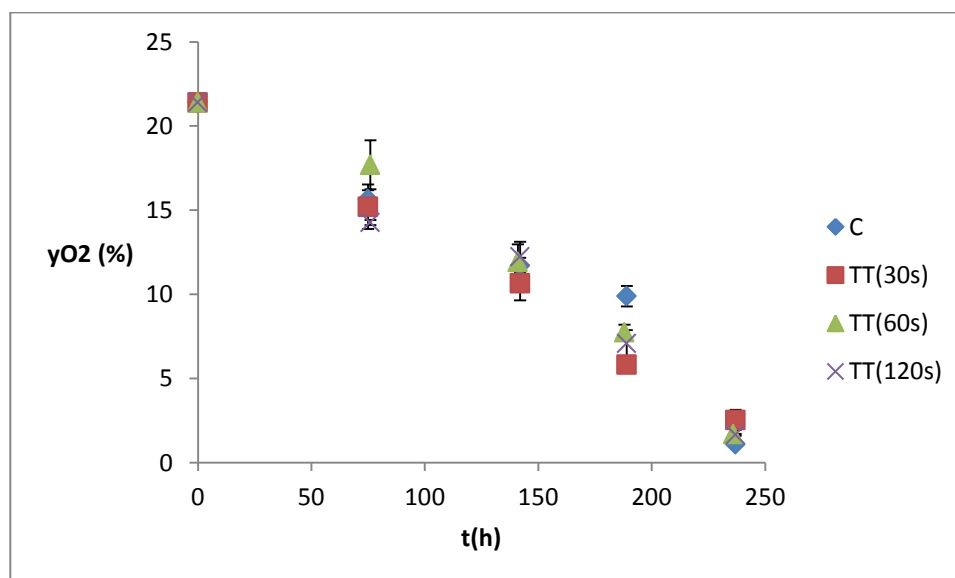


Figura 30 – Evolução do y_{O_2} , dentro da embalagem fechada, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

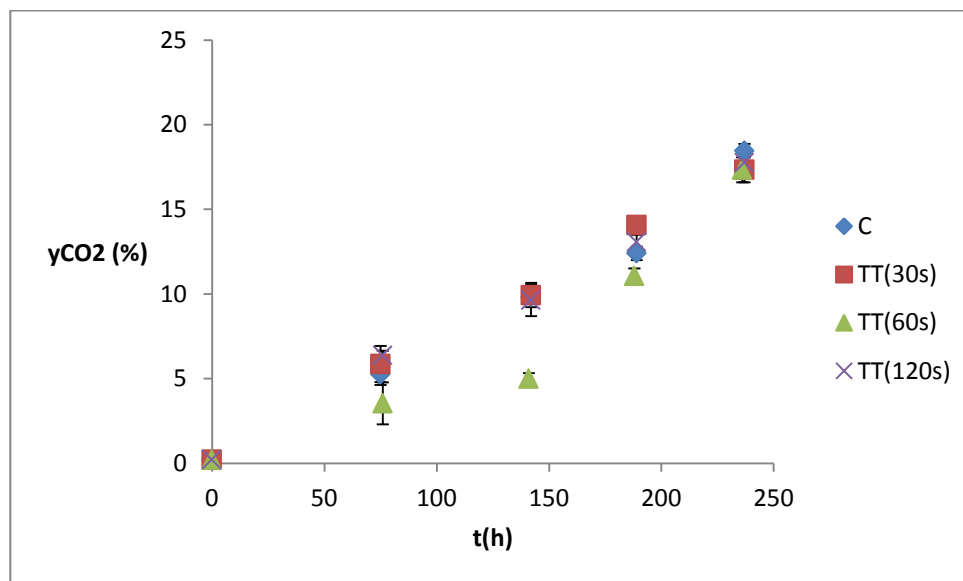


Figura 31 – Evolução da percentagem de y_{CO_2} , dentro da embalagem fechada, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Verifica-se que não existe grandes diferenças na variação de O_2 , sendo que diminui igualmente da mesma forma para os pedaços de maçã que não sofreram tratamento térmico (controlo) quer para os pedaços de maçã que sofreram tratamento térmico para os três diferentes tempos. Ao fim de 10 dias, o controlo apresentava 1,1 %; TT (30 s) 2,5 %; TT (60 s) e TT (120 s) 1,7 % de concentração de O_2 .

Para a concentração de C_{O_2} também não se verifica grandes diferenças na variação, sendo que aumenta igualmente da mesma forma para os pedaços de maçã que não sofreram tratamento térmico (controlo) quer para os pedaços de maçã que sofreram tratamento térmico para os três tempos. Ao fim de 10 dias, o controlo apresentava 18,5 %; TT (30 s) e TT (60 s) 17,3 % e TT (120 s) 17,8 % de concentração de C_{O_2} .

Analisando a tabela XXX que se encontra em anexo IV não se verificou uma perda de massa muito significativa, neste estudo, os valores de perda de massa para o controlo foi de 0,06 a 0,18 %; para TT (30 s) foi de 0,01 a 0,28; para TT (60 s) foi de 0,10 % a 0,26 % e, por fim, para TT (120 s) foi de 0,22 a 0,35 %, o que foi considerado uma perda desprezável.

De seguida, efetuou-se a medição da cor instrumentalmente, no qual os parâmetros obtidos de cor estão indicados nas figuras 32, 33 e 34 e foi determinado o ΔE (figura 35) utilizando a equação 1.

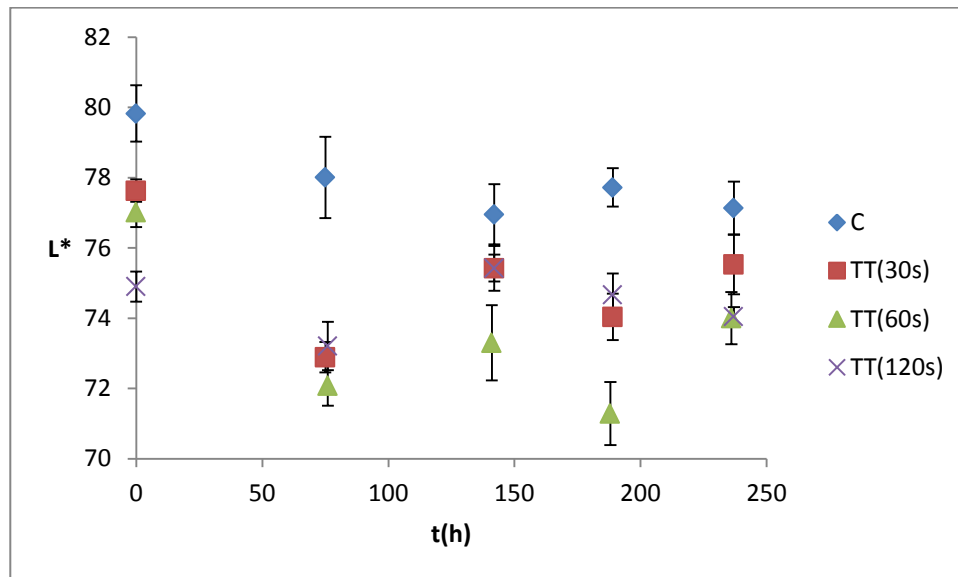


Figura 32 – Evolução do parâmetro de cor L^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Neste estudo, verifica-se que os valores de L^* vão diminuindo consoante o tempo do tratamento térmico aumenta, ou seja os pedaços de maçã vão ficando mais escuros, o que possivelmente poderá ser uma das desvantagens do tratamento térmico moderado.

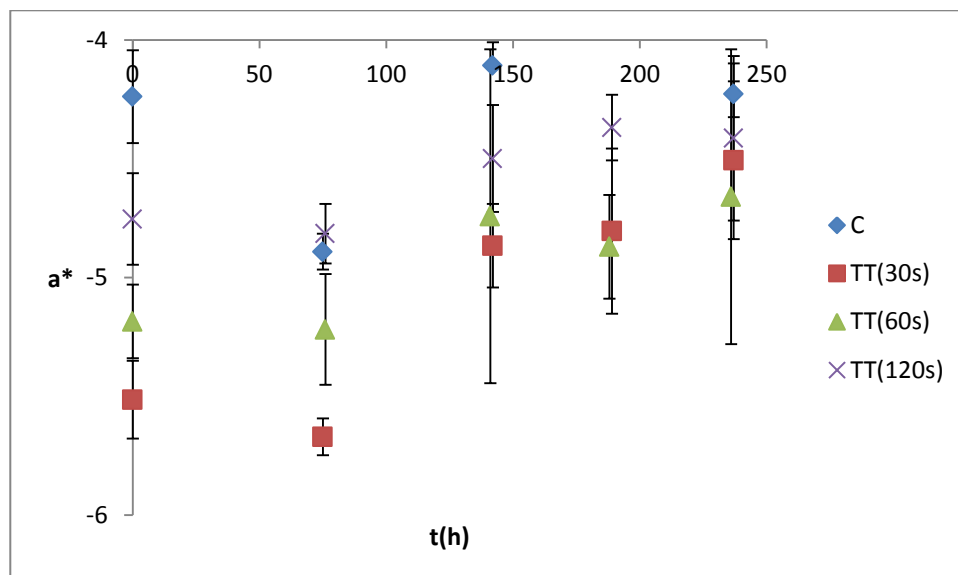


Figura 33 – Evolução do parâmetro de cor a^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na figura 33 estão apresentados os valores relativos ao parâmetro a^* . Quanto aos valores indicados para a^* este parâmetro, não se verifica uma clara diferença entre os diferentes tempos de tratamento térmico, no entanto é notório uma diminuição

ligeira dos valores de a^* consoante os tempos de duração do tratamento térmico diminui. E, ainda, que os valores de a^* ao longo do tempo vão aumentando, indo na direção da faixa positiva ou seja afastando-se da cor verde e aproximando-se da coloração amarela. No entanto, os valores encontram-se entre -4 a -6 o que significa que os pedaços de maçã contêm coloração para o lado do verde.

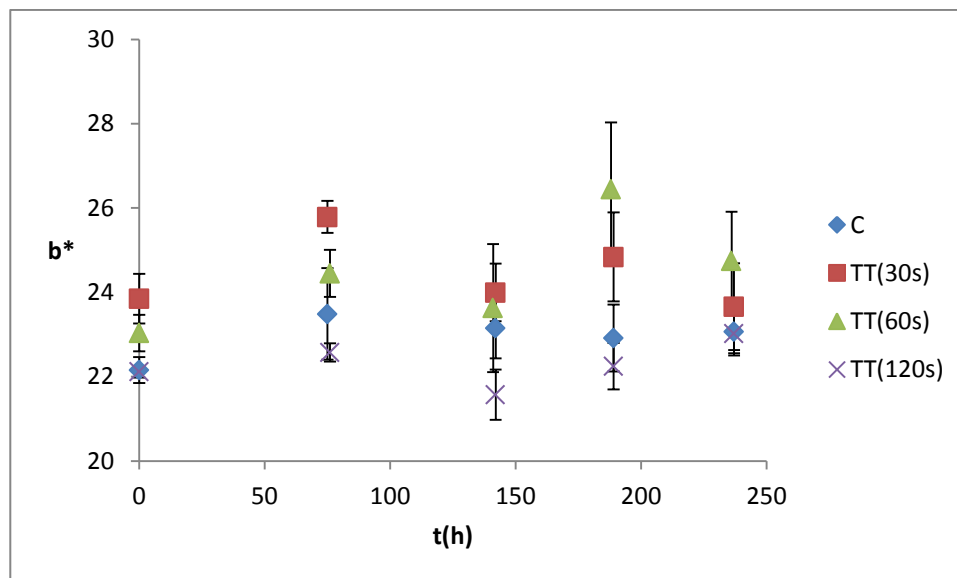


Figura 34 – Evolução do parâmetro de cor b^* ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na figura 34 estão expostos os valores relativos ao parâmetro b^* . Relativamente a este parâmetro os valores aumentam ao longo do tempo de armazenamento, obtendo-se sempre valores entre os 22 e 26. Quanto aos diferentes tempos de tratamento térmico, os valores para o controlo e TT (120 s) são relativamente mais baixos e TT (30 s) e TT (60 s) apresentam valores mais altos. Como os valores são positivos declara que os pedaços de maçã apresentam a coloração amarela em vez da azul.

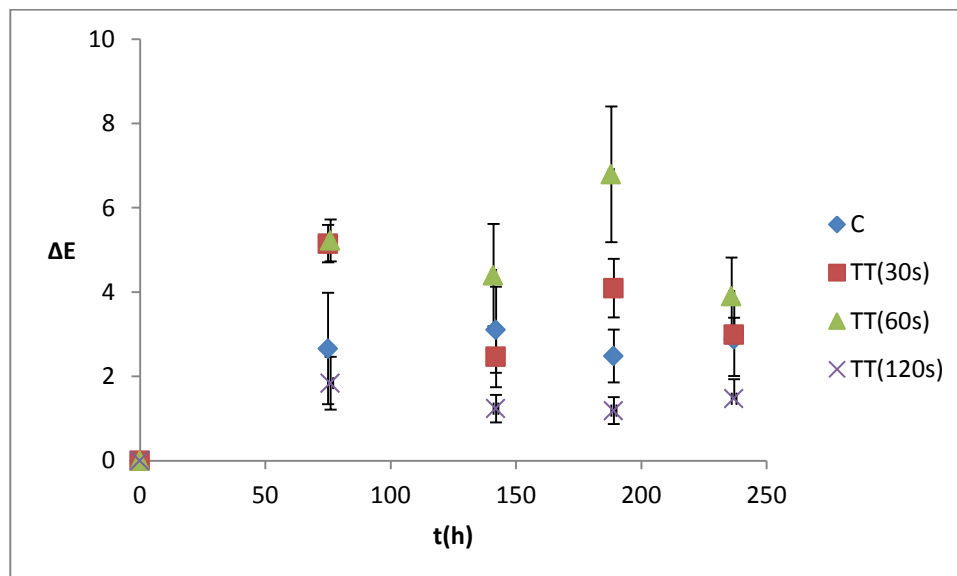


Figura 35 – Evolução do ΔE ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Por fim, para se verificar quais os pedaços de maçã, para os diferentes tratamentos, que apresentavam uma cor mais diferente da cor inicial (dia 0), foram calculadas as diferenças de cor, ΔE , as quais estão representadas nas Figuras 35, 36, 37 e 38. Verifica-se que não existe uma grande variação entre os diferentes tempos escolhidos em relação aos pedaços de maçã com tratamento térmico moderado nem existe uma grande diferença entre os que sofreram tratamento térmico e os que sofreram, no entanto, verifica-se que para, TT (60 s) e o controlo são os que apresentam uma diferença ligeiramente maior do que para TT (30 s) e TT (120 s).

Após a medição com o colorímetro, foi realizado uma inspeção sensorial, na qual as Figuras 39 e 40 representam aos valores obtidos para a cor acastanhada e exsudação, ao longo do tempo, respetivamente. E observa-se a evolução da qualidade dos pedaços de maçã nas Figuras 41, 42, 43 e 44.

Tal como no estudo anterior, não foi detetado cheiros desagradáveis durante todo o tempo de armazenamento, por isso não foi feito nenhum gráfico para esta característica sensorial. Relativamente à cor acastanhada, pode-se verificar, tal como no estudo anterior, que foi mais salientada nos pedaços de maçã que sofreram tratamento térmico a 60 e 120 segundos, no qual a cor é mais escura na parte interna onde foi efetuado o corte. Relativamente à exsudação é mais visível nos pedaços de maçã que sofreram tratamento térmico durante 120 segundos.

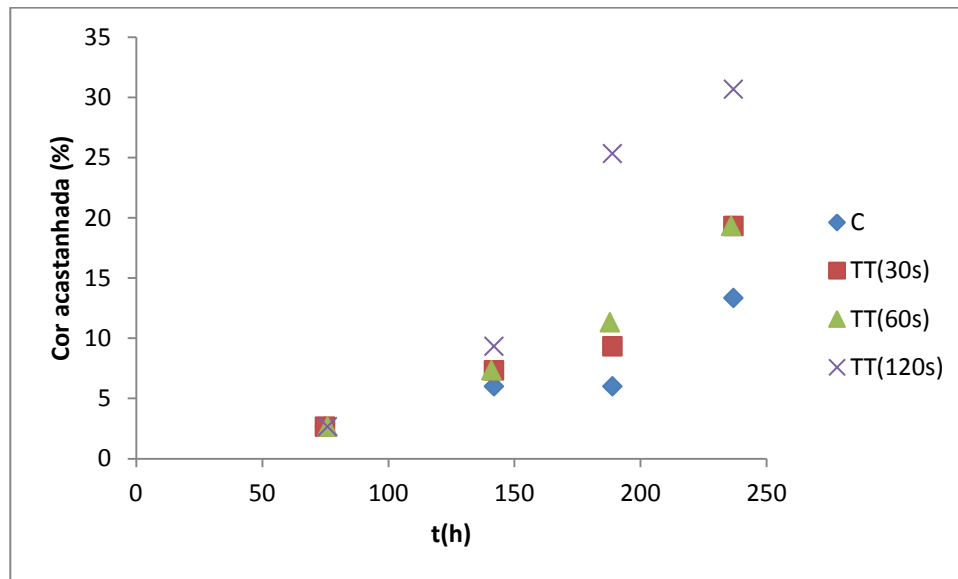


Figura 36 – Evolução da cor acastanhada ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

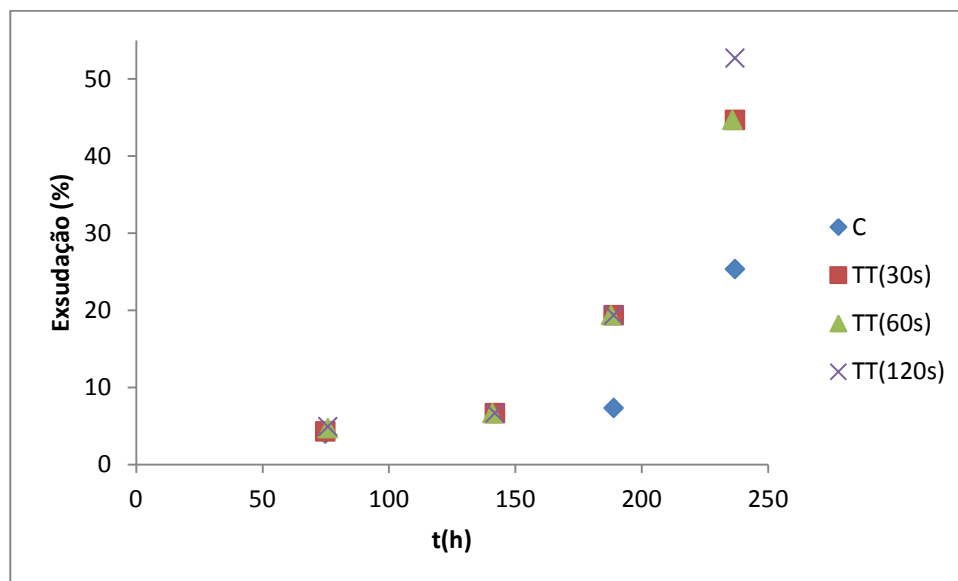


Figura 37 – Evolução da exsudação ao longo do tempo de armazenamento da maçã *golden* com tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

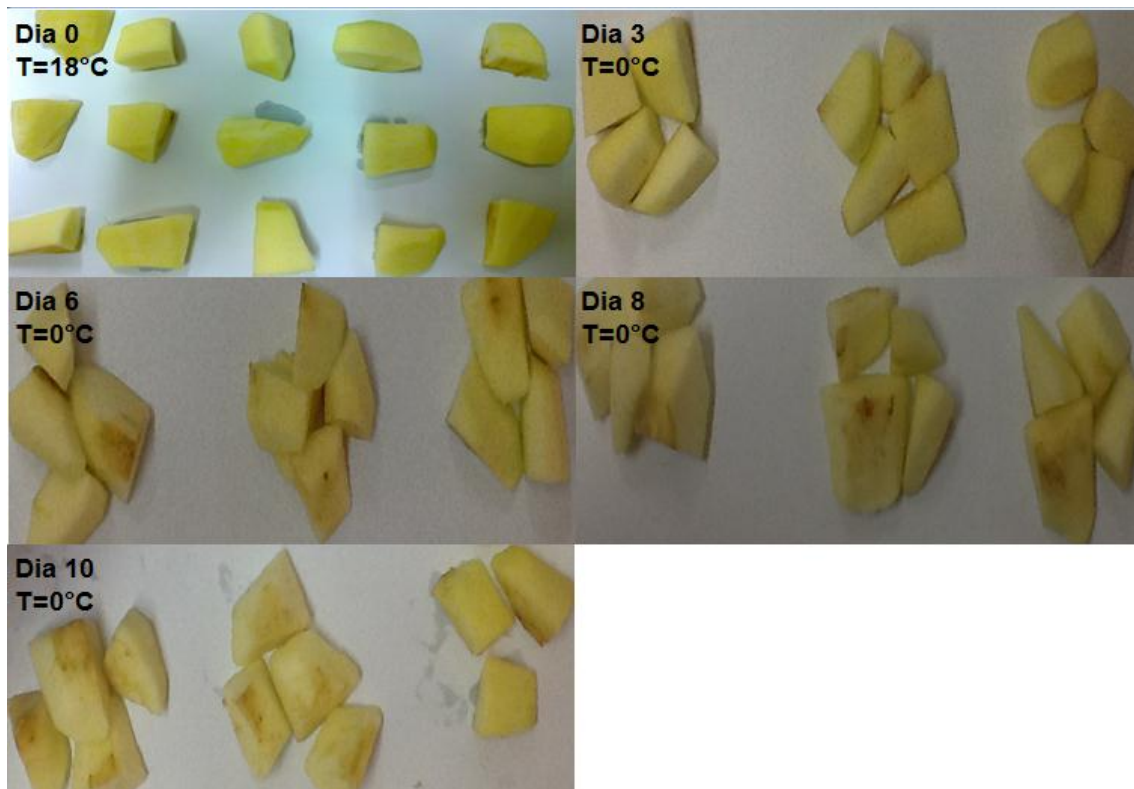


Figura 38 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* sem tratamento térmico moderado

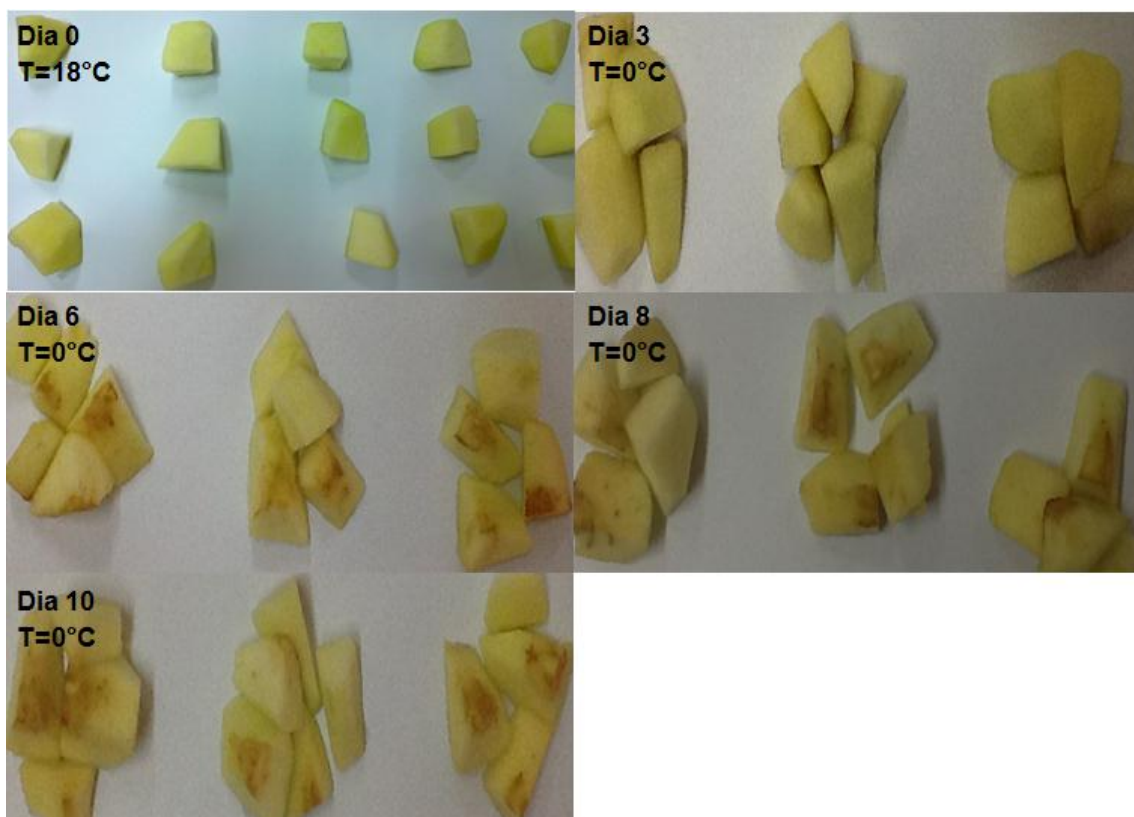


Figura 39 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 30 segundos



Figura 40 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 60 segundos

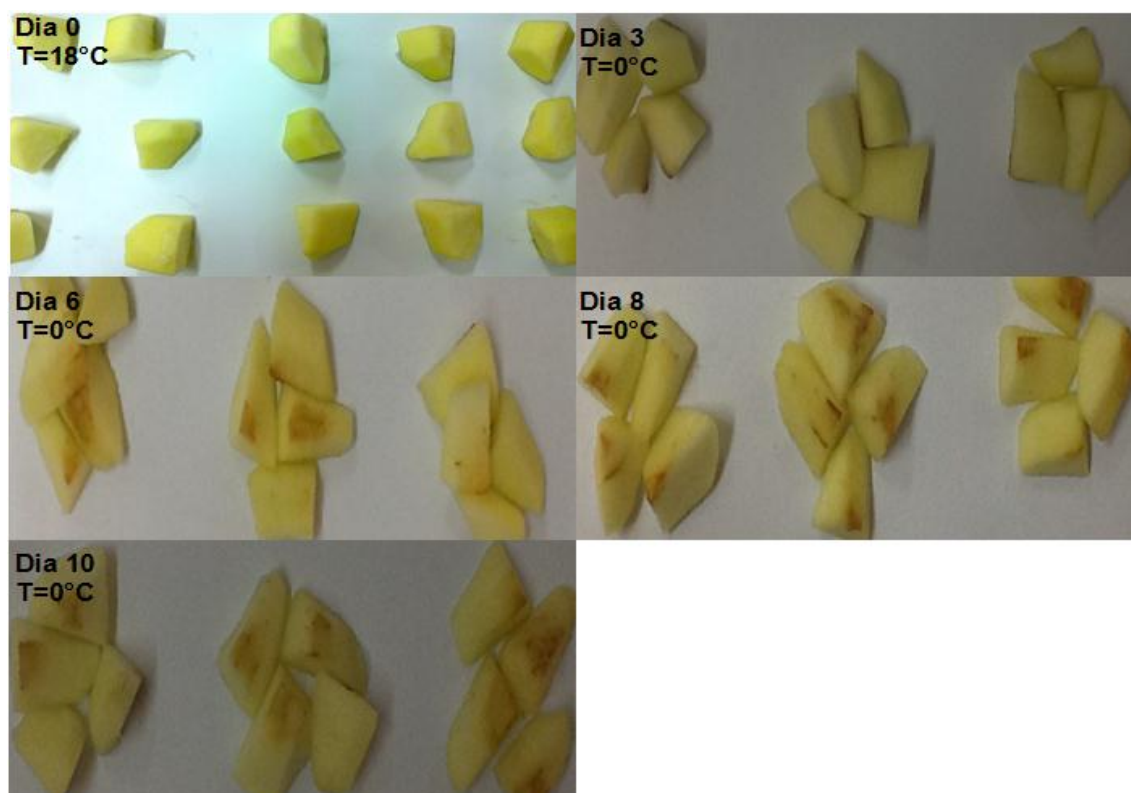


Figura 41 – Evolução do aspeto sensorial, ao longo do tempo de armazenamento a 0 °C, para pedaços de maçã *golden* com tratamento térmico moderado durante 120 segundos

Para a análise estatística e observando os valores obtidos nas Tabelas XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII e XXXVIII em anexo III, verifica-se que para a concentração de y_{O_2} não houve diferenças significativas entre os diferentes tipos de tratamento térmico mas houve diferenças significativas no y_{CO_2} . Para os parâmetros de cor verifica-se diferenças significativa entre os diferentes tratamentos para os diferentes tempos.

4.2.3. Estudo com morangos sem tratamento térmico

As figuras 42 e 43 mostram a evolução dos gases dentro da embalagem fechada para o estudo com morangos sem tratamento térmico armazenados a 0 °C e 5 °C.

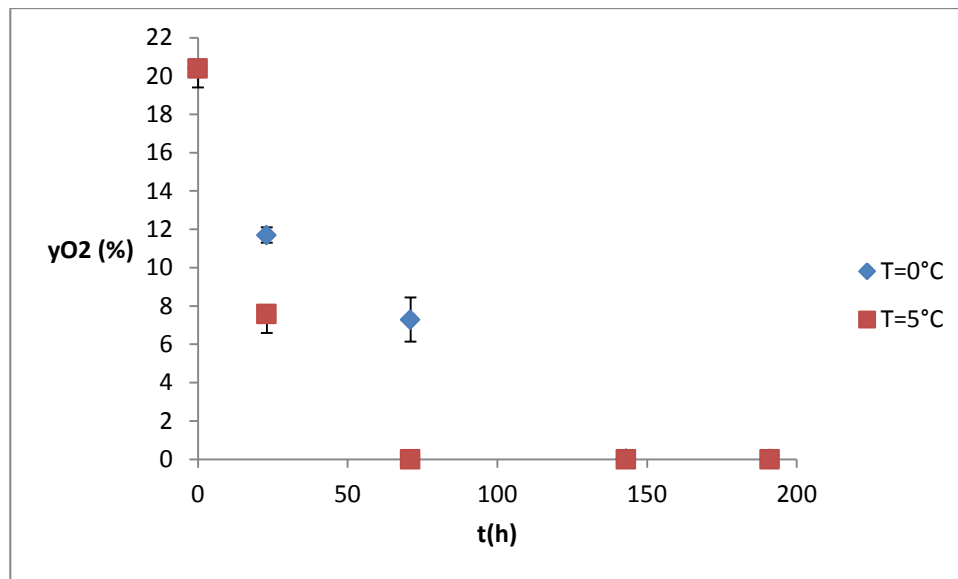


Figura 42 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

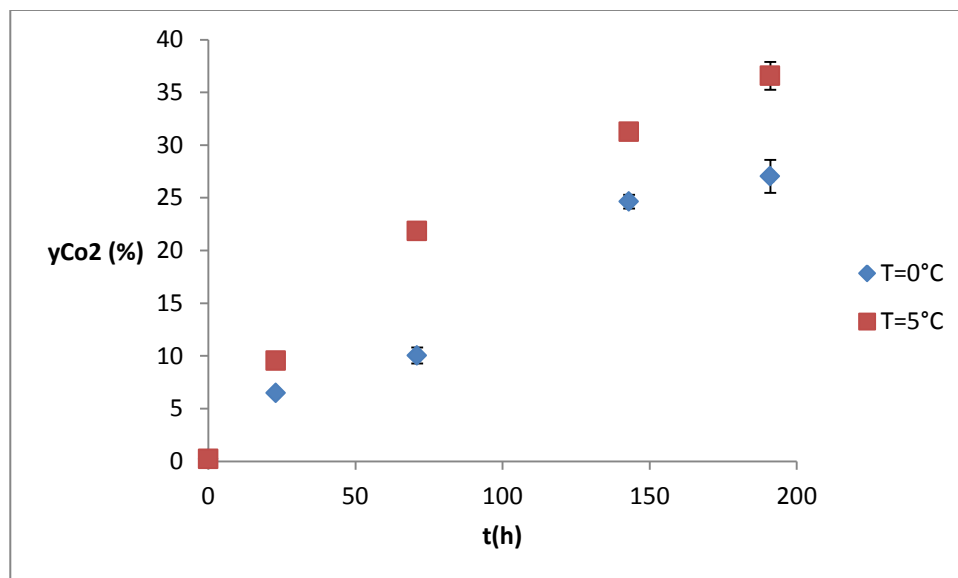


Figura 43 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Verifica-se que O_2 diminui mais rápido a 5 °C que a 0 °C, pois atinge a anaerobiose ao 6º dia (143 h) com uma percentagem de 0,033 % à temperatura de 0 °C e de 0,009 % a 5 °C. Quanto à percentagem de C_{O_2} , observa-se um crescimento mais rápido para a temperatura de 5 °C. Ao fim dos 12 dias, a percentagem de C_{O_2} é de 36,6 % e de 27,0 % para 0 °C e 5 °C, respetivamente.

Relativamente ao controlo de massa (anexo III, Tabela XL) não foi verificado uma perda de massa muito significativa, neste estudo, os valores de perda de massa para a temperatura de 0 °C foi de 0,11 % a 0,15 % e de 5 °C foi de 0,03 % a 0,10 %, o que é considerável desprezável.

De seguida, efetuou-se a medição da cor instrumentalmente, no qual os parâmetros obtidos de cor estão indicados nas figuras 44, 45 e 46 e foi calculado o ΔE (Figura 47), tendo por base a Equação 1.

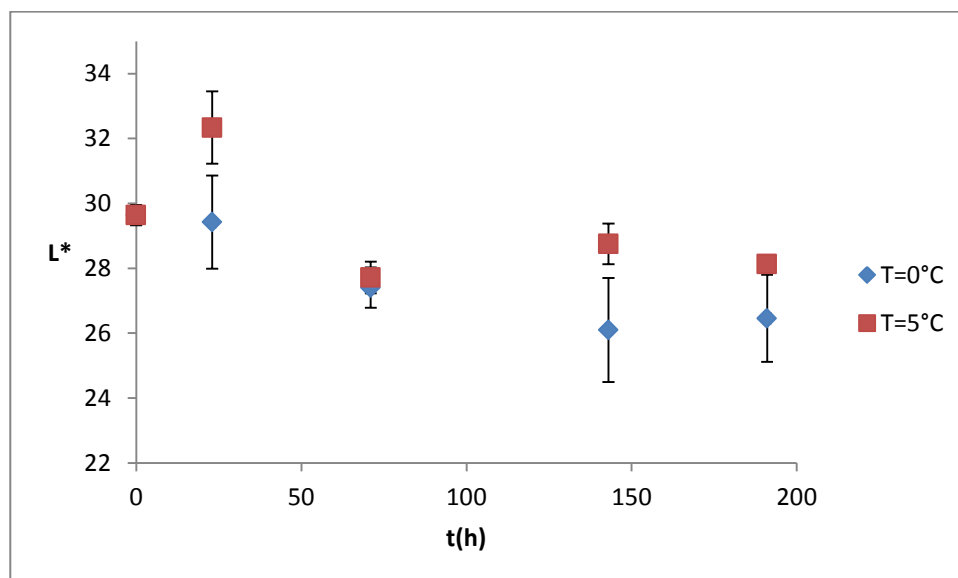


Figura 44 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Neste estudo, observa-se que o L^* , dos pedaços de morango sem terem sofrido tratamento térmico e armazenados a 0 e 5 °C, diminui ao longo o tempo, no qual a 0 °C o L^* é de 29,64 no dia 0 e de 26,46 no dia 8 e a 5 °C é de 29,64 no dia 0 e de 28,13 no dia 8. Como o L^* experimental variam entre 26 a 33 pode deduzir-se que os pedaços de morango apresentam pouca luminosidade. Os pedaços a 5 °C são mais escuros do que a 0 °C.

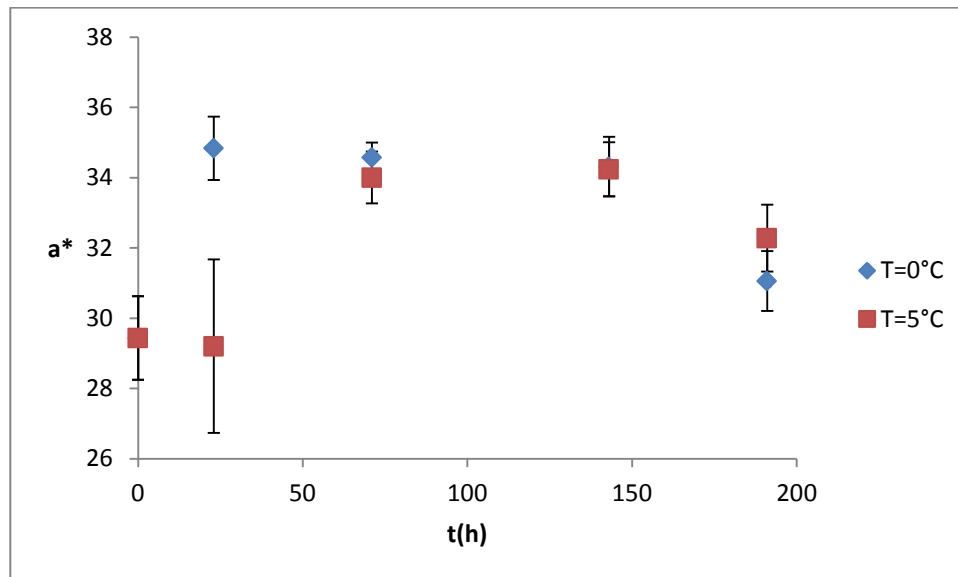


Figura 45 – Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Quanto aos valores relativamente ao parâmetro a^* verifica-se um aumento com o tempo mas, não se verifica uma clara diferença entre as temperaturas. No qual L^* para 0 °C e 5 °C apresenta, inicialmente, um valor de 29,43 e, no último dia do estudo, de 31,05 e de 32,28, respetivamente. Uma vez que os valores se encontram todos positivos, significa que os pedaços de morango contêm coloração para o lado do vermelho em vez do verde.

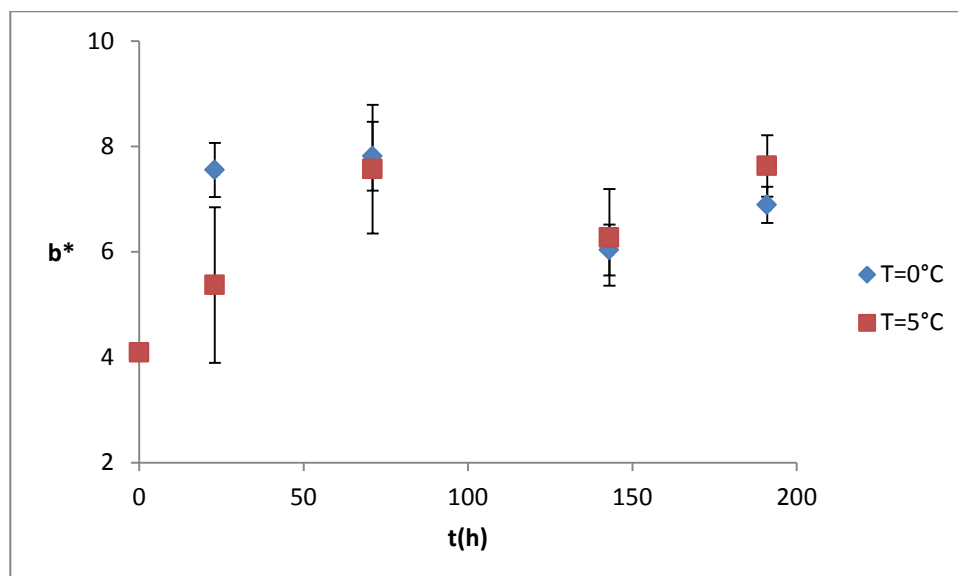


Figura 46 – Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Os valores relativos ao parâmetro b^* também aumentam ao longo do tempo de armazenamento, obtendo-se valores entre os 4 e 8, não havendo diferenças entre

temperaturas. Como são valores positivos, indicam que os pedaços de morango predominam para a faixa da coloração amarela em vez da azul.

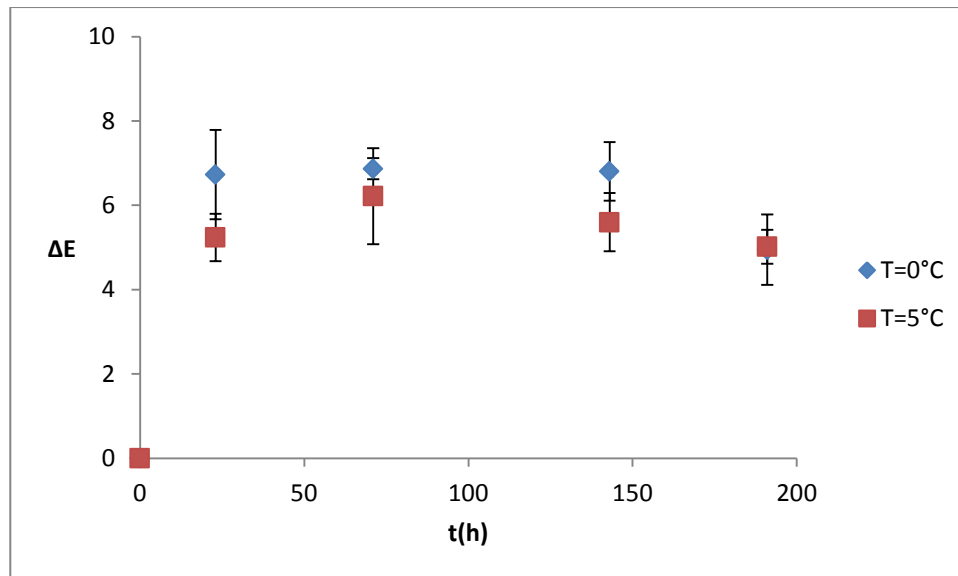


Figura 47 – Evolução do ΔE dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Por fim, para verificar efetivamente quais os pedaços de morango que apresentavam uma cor mais diferente da cor inicial (dia 0) foram calculados as diferenças de cor, ΔE , as quais estão representadas no gráfico 47. Verifica-se que, em termos globais e considerando todos os parâmetros de cor, não existe uma grande variação entre estas duas temperaturas, no entanto, verifica-se que para, a temperatura de 0 °C, o ΔE é ligeiramente mais elevado do que para 5 °C.

Após a medição com o colorímetro, foi realizado uma inspeção sensorial, na qual a figura 48 representa aos valores obtidos para a cor. Salientando que não foi sentido qualquer cheiro desagradável nem sinais de podridão ao longo de todo o estudo, por isso não foi feito nenhum gráfico para estas características sensoriais. Nas figuras 49, 50 e 51 pode-se observar a evolução da qualidade dos pedaços de morango ao longo do tempo às diferentes temperaturas.

Relativamente à cor, verifica-se que vai ficando com um vermelho mais intenso a 5 °C do que a 0 °C.

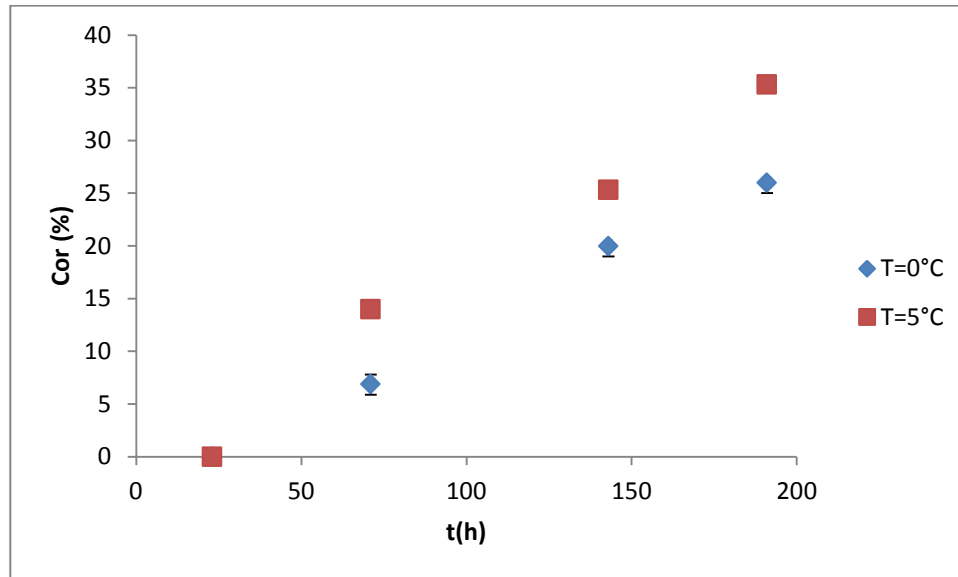


Figura 48 – Evolução da cor dos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).



Figura 49 – Morangos frescos cortados, no tempo 0, sem tratamento térmico

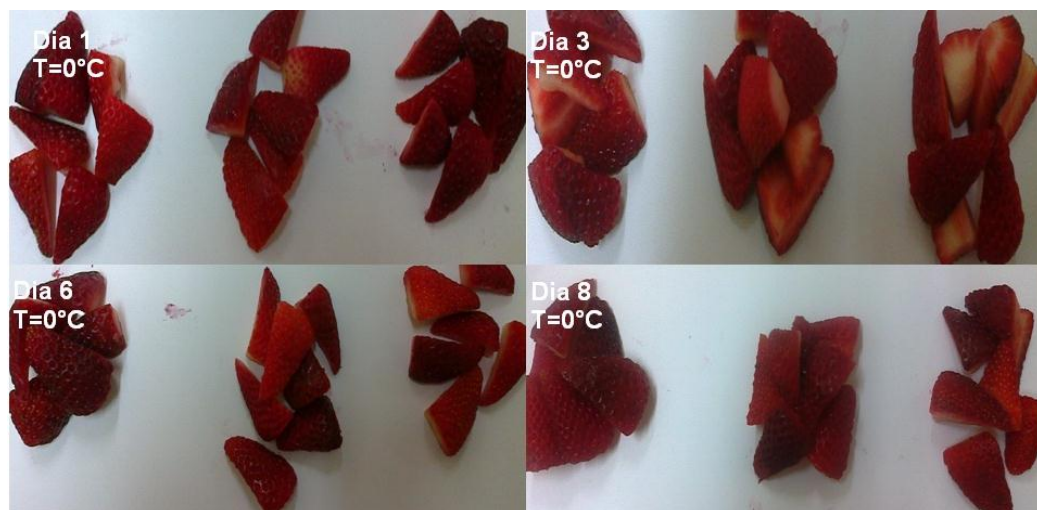


Figura 50 – Morangos cortados, armazenados a 0 °C, sem tratamento térmico

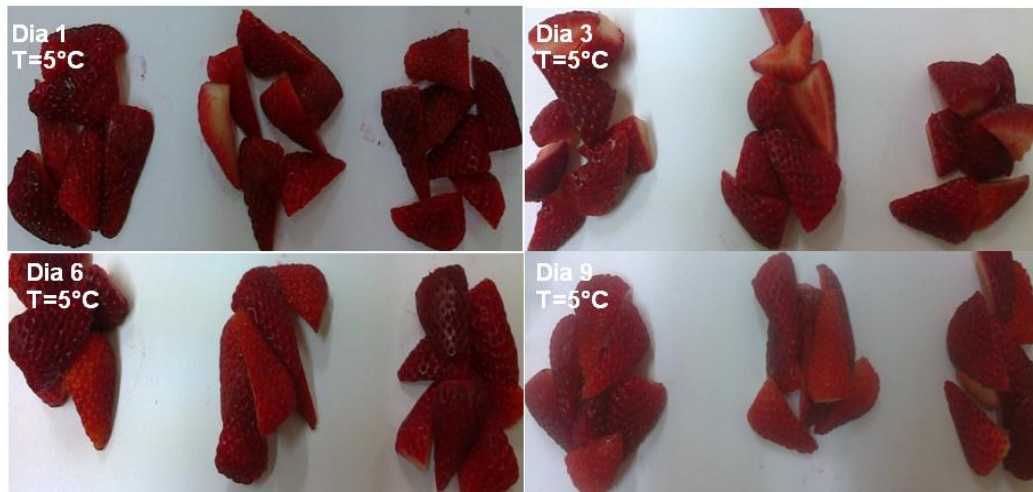


Figura 51 – Morangos cortados, armazenados a 5 °C, sem tratamento térmico

Para este estudo, observando as Tabelas XLIV, XLV, XLVI, XLVII e XLVIII que há diferenças significativas para as diferentes temperaturas ao longo do tempo para y_{O_2} , y_{CO_2} nem para o parâmetro de cor L^* . Verifica-se que para os parâmetros b^* e a^* são significativamente diferentes em relação à temperatura, no entanto não apresentam uma diferença significativa ao longo do tempo.

4.2.4. Estudo com morangos com tratamento térmico

A evolução dos gases (O_2 e CO_2) dentro das embalagens fechadas com pedaços de morango, que sofreram tratamento térmico, ao longo de 3 dias armazenados a 0 °C é apresentada nas figuras 52 e 53, respetivamente. No Anexo IV, Tabela LI encontram-se os resultados tabelados.

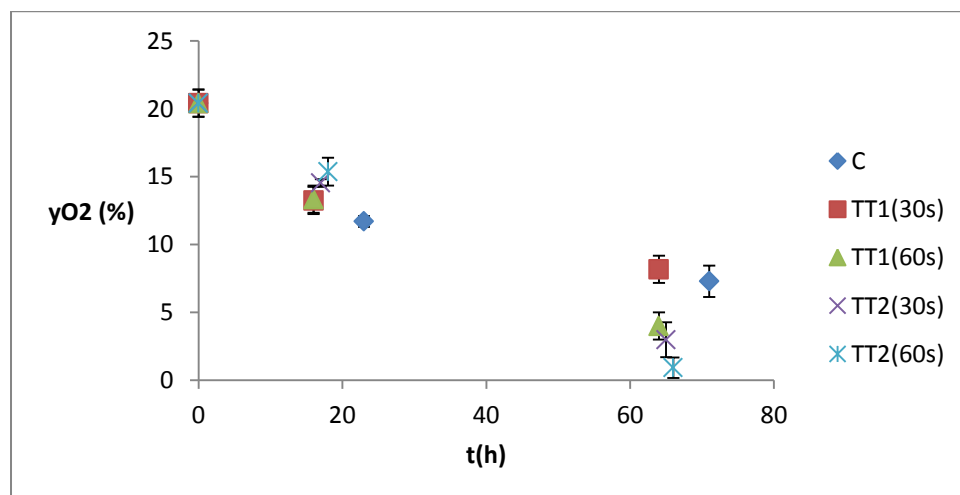


Figura 52 – Evolução da concentração do y_{O_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

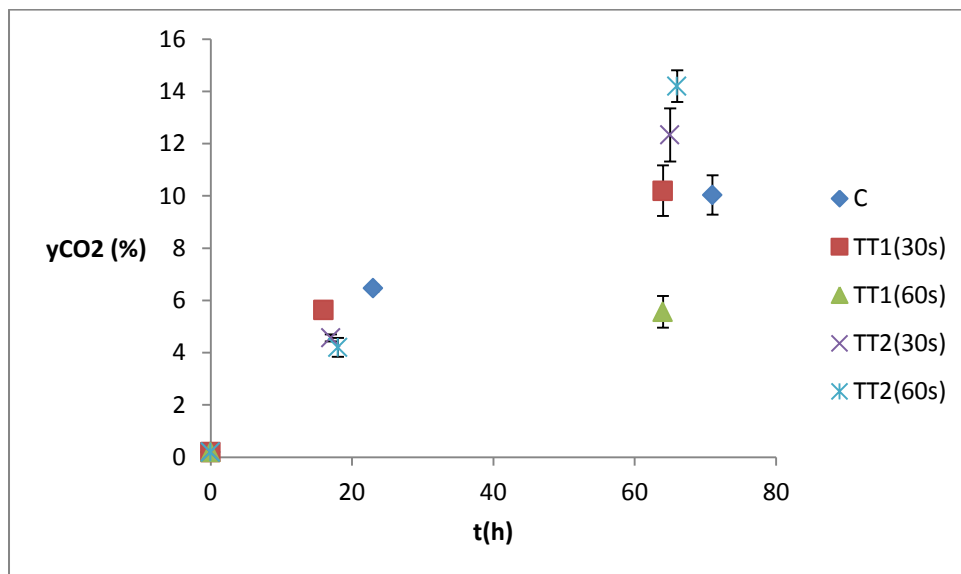


Figura 53 – Evolução da concentração do y_{CO_2} dentro da embalagem fechada ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na figura 52 está representado a evolução da composição de y_{O_2} ao longo do tempo dos diferentes tratamentos a diferentes tempos e o controlo (estudo descrito anteriormente com pedaços de morango armazenados a 0 °C sem tratamento térmico moderado). Verifica-se que não existe grandes diferenças na variação de O_2 , sendo que diminui igualmente da mesma forma para os pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico (controlo) quer para os pedaços de morango que sofreram tratamento térmico. Ao fim de 3 dias, o controlo apresentava 7,3 %; TT1 (30 s) 8,2 %; TT1 (60 s) 4,0 % TT2 (30 s) 3,0 % e TT2 (60 s) 0,9 % de concentração de O_2 . Pode-se verificar nestes valores que o tratamento térmico moderado efetuado depois do corte, em termos gerais, não é o mais aconselhável visto que os valores de O_2 , no último dia, são menores do que os valores para os pedaços de morango que sofreram o tratamento térmico antes do corte. Verifica-se, ainda, que o tratamento térmico antes do corte durante 30 segundos é o que provavelmente será mais eficaz na preservação de morangos frescos cortados pois apresenta o maior valor de O_2 no último dia do estudo. Para a concentração de C_{O_2} também não se verifica grandes diferenças na variação, sendo que aumenta igualmente da mesma forma para as diferentes experiências. Ao fim de 3 dias, o controlo apresentava 10,0 %; TT1 (30s) 10,2 %; TT1 (60 s) 12,3 %; TT2 (30 s) 12,3 % e TT2 (60 s) 14,2 %.

Não foi verificado uma perda de massa muito significativa neste estudo; os valores de perda de massa para os pedaços de morango que sofreram tratamento térmico durante 30 segundos antes do corte (TT1) apresentaram uma perda de massa de 0,10 e 0,25 %; para os que sofreram tratamento térmico durante 60 segundos antes do corte foi de 0,09 % e 0,13 %; para os que sofreram tratamento térmico

depois do corte durante 30 segundos a perda de massa foi de 0,06 % e 0,28 % e, por fim, os pedaços que sofreram tratamento térmico depois do corte de 60 segundos apresentaram uma percentagem de 1,12 e 0,61; o que pode considerar-se relativamente baixo e por isso desprezável (Anexo IV, Tabela XLX).

A evolução da cor medida instrumentalmente, para os parâmetros L^* , a^* , b^* e ΔE são apresentadas nas Figuras 54, 55, 56 e 57.

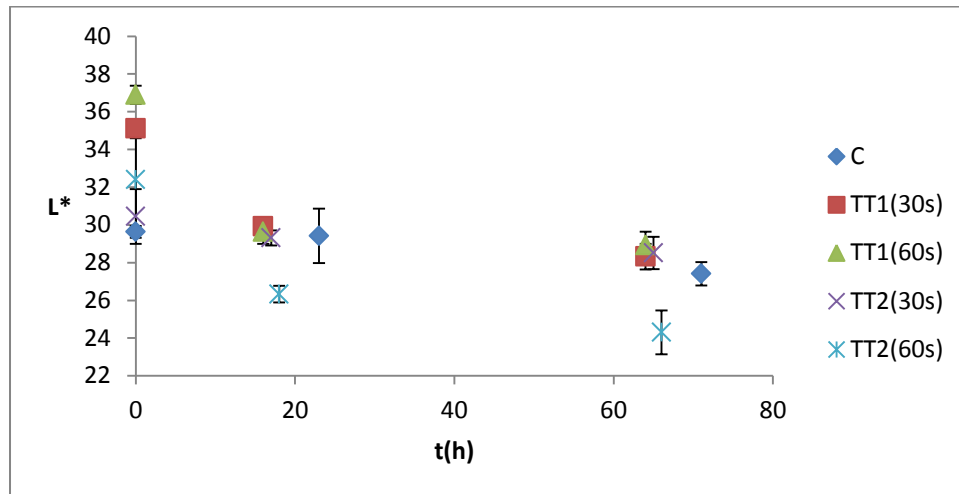


Figura 54 – Evolução do parâmetro de cor L^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Os valores relativos ao parâmetro da luminosidade (L^*) da superfície dos pedaços de morango com tratamento térmico estão apresentados no gráfico 54. Pode-se observar que os valores de L^* não mostram uma grande variação para as diferentes experiências/tratamentos para os pedaços de morango sendo que estes apresentam valores entre 22 e 38, no qual têm pouca luminosidade, no qual esta vai diminuindo muito ligeiramente ao longo do tempo.

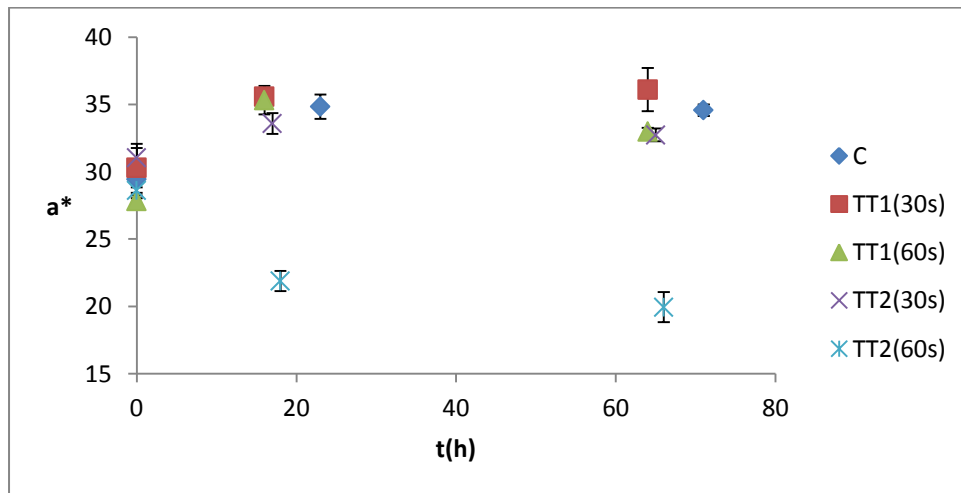


Figura 55 - Evolução do parâmetro de cor a^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na Figura 55 estão apresentados os valores relativos ao parâmetro a^* também para os pedaços de morango que sofreram tratamento térmico. Não se verifica uma grande variação entre os valores. No qual se salienta que para TT2 (60s) os valores são ligeiramente mais baixos. Uma vez que os valores se encontram todos na faixa positiva, significa que os pedaços de morango contêm coloração para o lado do vermelho.

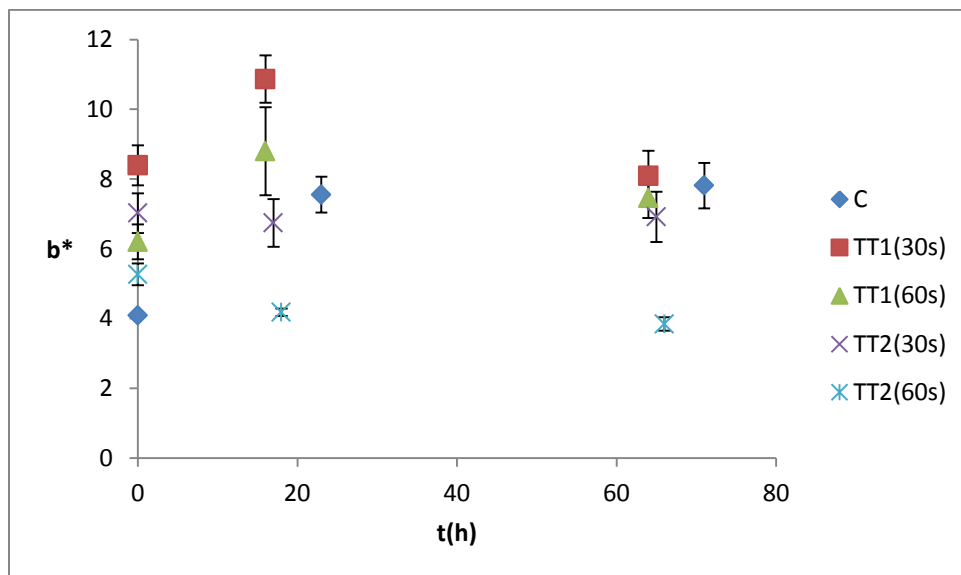


Figura 56 - Evolução do parâmetro de cor b^* dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Na figura 56, estão apresentados os valores relativos ao parâmetro b^* . Relativamente a este parâmetro os valores também vão diminuindo ao longo do tempo, no qual o TT2 (60s) apresenta valores mais baixos e TT1 (30s) mais elevados.

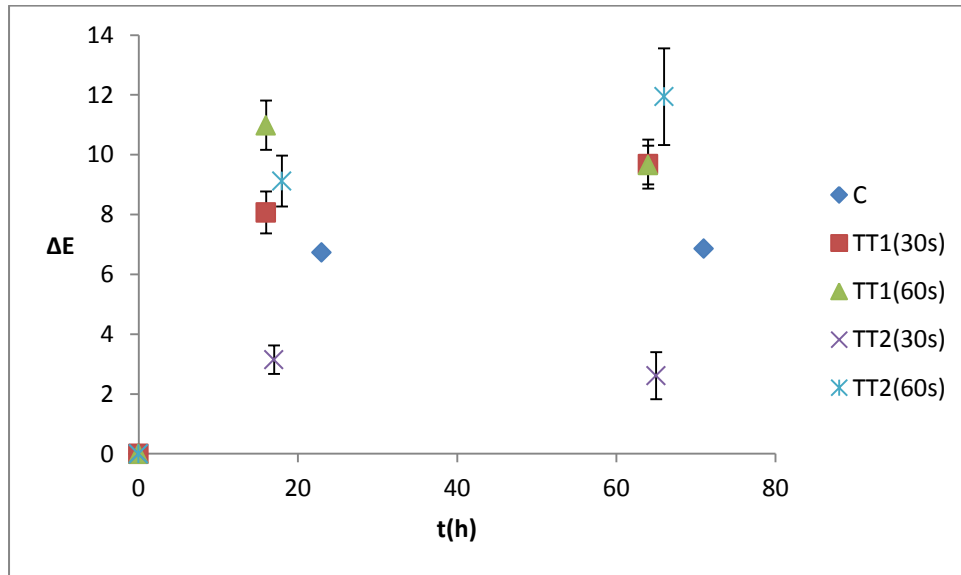


Figura 57 – Evolução do ΔE dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Por fim, para se verificar quais os pedaços de morango, para os diferentes tratamentos, que apresentavam uma cor mais diferente da cor inicial (dia 0), foram calculadas as diferenças de cor, ΔE , as quais estão representadas na Figura 57. Verifica-se que não existe grandes diferenças entre as cores entre os diferentes tempos escolhidos e em relação aos diferentes tipo de tratamento térmico moderado, no entanto, verifica-se que para, TT2 (60 s), TT1 (60 s) e TT1 (30 s) são os que apresentam uma diferença ligeiramente maior.

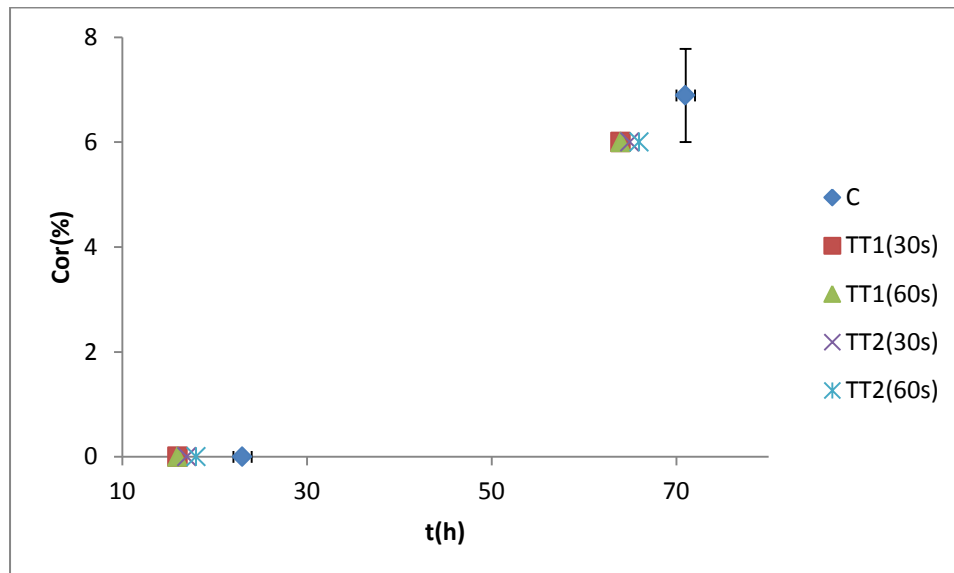


Figura 58 - Evolução da cor dos pedaços de morango que sofreram tratamento térmico (pontos representam valor médio e barras desvio padrão).

Após a medição com o colorímetro, foi realizado uma inspeção sensorial, na qual a Figura 58 representa os valores obtidos para a cor ao longo do tempo. E observa-se a evolução da qualidade dos pedaços de morango nas Figuras 59, 60, 61 e 62.

Tal como no estudo anterior, não foi detetado cheiros desagradáveis nem sinais de podridão durante todo o tempo de armazenamento, por isso não foi feito nenhum gráfico para estas características sensoriais. Relativamente à cor, pode-se verificar, que a cor é mais intensa e mais escura nos pedaços de morango que não sofreram tratamento térmico, no entanto esta diferença é muito pequena.



Figura 59 – Morangos cortados após o tratamento térmico moderado de 30 segundos

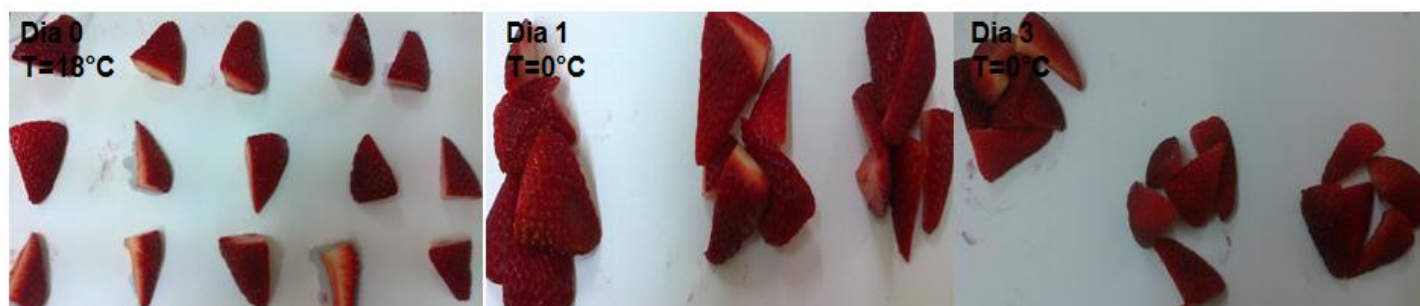


Figura 60 – Morangos cortados após o tratamento térmico moderado de 60 segundos



Figura 61 - Morangos cortados antes do tratamento térmico moderado de 30 segundos



Figura 62 – Morangos cortados antes do tratamento térmico moderado de 60 segundos

Relativamente à análise estatística pode-se observar nas tabelas LIV, LV, LVI, LVII e LVIII que para y_{O_2} e y_{CO_2} não é significativamente para os diferentes tratamentos mas apresentam diferenças significativas para cada diferente duração dos tratamentos térmicos. Os parâmetros de cor apresentam diferenças significativas quer para cada tratamento quer para os diferentes tempos de tratamento.

4.3. Simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes

4.3.1. Estudo da Embalagem

Através das equações 5 a 11, anteriormente descritas, calculou-se os valores dos principais componentes dos alimentos para uma temperatura média das temperaturas utilizadas nos estudos laboratoriais ($T=4\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Tabela V).

Tabela V - Valores das densidades dos principais componentes de um alimento a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\rho(\text{kg/m}^3)$					
	$\rho_{\text{água}}$	$\rho_{\text{hidratos de carbono}}$	$\rho_{\text{proteína}}$	ρ_{gordura}	ρ_{cinzas}	ρ_{gelo}
4	997,1	1597,9	1327,9	923,9	2422,7	916,4

De seguida, calculou-se a densidade (ρ) real para a maçã sem casca e o morango inteiro, utilizando a equação 5 e os valores apresentados na tabela VI. Os valores obtidos para a ρ a temperaturas de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ estão representados na tabela VII.

Tabela VI - Tabela de composição dos alimentos (adaptada pelo Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge)

	Maçã sem casca (%)	Morango (%)
Água	85,93	92,90
Hidratos de Carbono	13,02	5,47
Proteína	0,21	0,62
Gordura	0,51	0,41
Cinzas	0,33	0,60

Tabela VII – Densidade real para a maçã sem casca e morango inteiro a 4 °C

	$\rho(\text{kg/m}^3)$	
$T\ (^{\circ}\text{C})$	$\rho_{\text{maçã sem casca}}$	ρ_{morango}
4	1050,7	1023,0

4.3.2. Seleção de um modelo matemático para a taxa de respiração em função da temperatura

4.3.2.1. Maçã

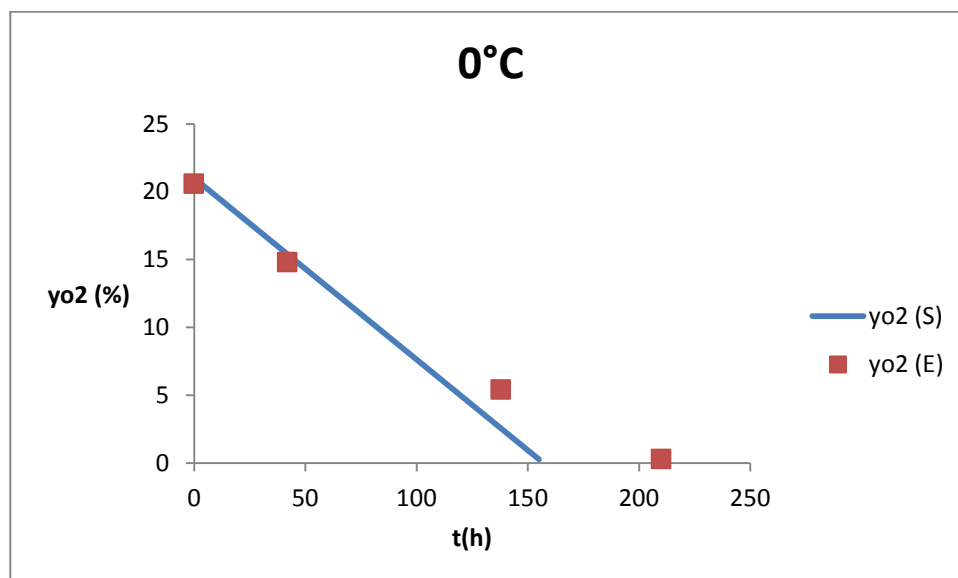


Figura 63 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 0 °C

Na Figura 63 pode observar-se a evolução do y_{O_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{O_2} experimental. Verifica-se que a nível de laboratório obteve-se melhores resultados do que esperado (indicado na simulação) pois a 155 h o y_{O_2} da simulação atinge a anaerobiose enquanto o experimental só atinge valores perto da anaerobiose após 210 h de armazenamento a 0 °C.

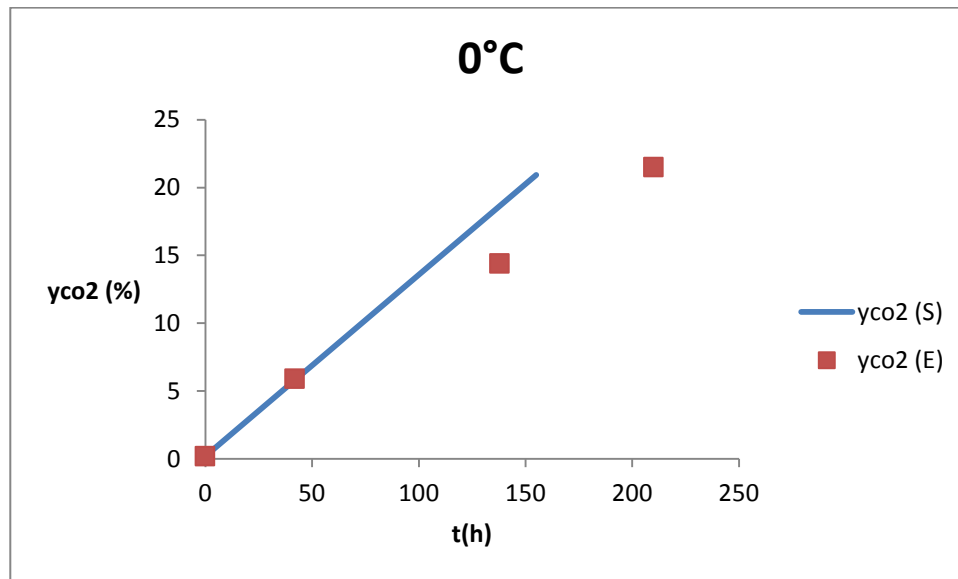


Figura 64 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 0 °C

Na Figura 64 pode observar-se a evolução do y_{CO_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{CO_2} experimental. Verifica-se que a nível de laboratório obteve-se melhores resultados do que esperado (indicado na simulação) pois o valor da simulação aumenta muito mais rapidamente do que realizado experimentalmente.

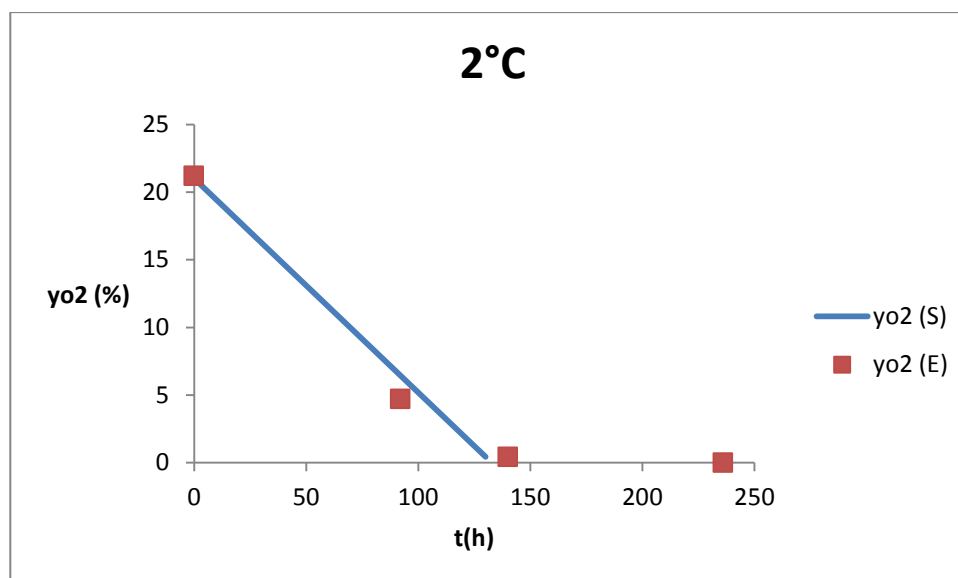


Figura 65 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 2 °C

A 2 °C, como mostra na figura 65, as variações são ligeiramente iguais atingindo a anaerobiose quase ao mesmo tempo. Para y_{O_2} da simulação atinge valores perto de 0 % após 130 h e o experimental atinge 0,43 % após 140 h.

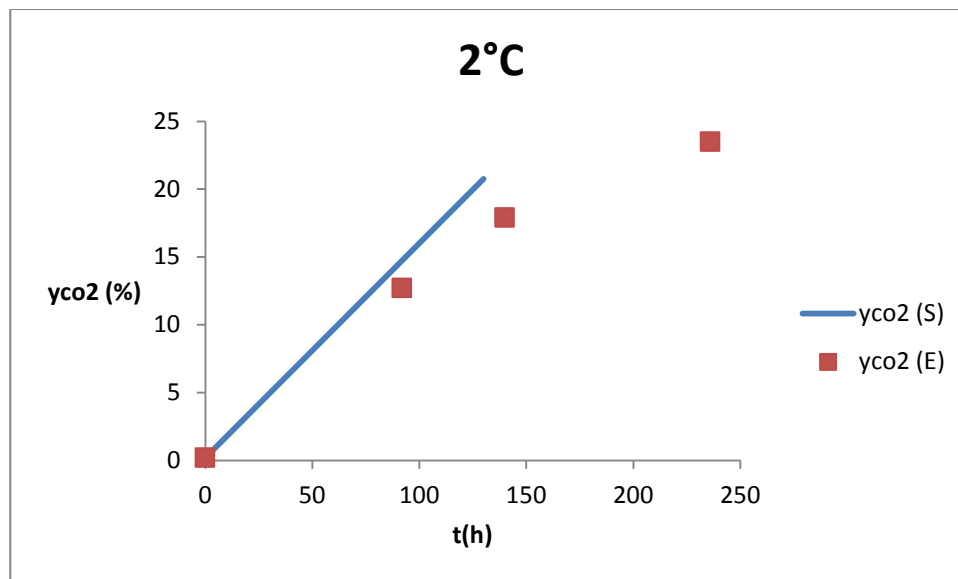


Figura 66 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 2 °C

Na Figura 66 pode observar-se a evolução do y_{CO_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{CO_2} experimental. Verifica-se que os valores da evolução são relativamente próximos, no qual o valor de y_{CO_2} obtido através da simulação aumenta ligeiramente mais rápido.

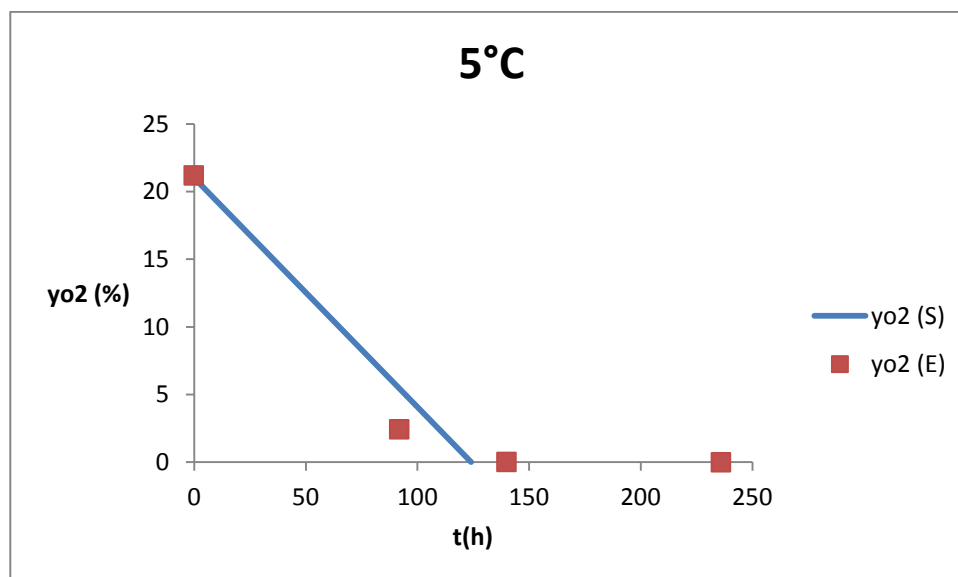


Figura 67 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 5 °C

A 5 °C, como mostra na figura 66, as variações são ligeiramente iguais atingindo a anaerobiose quase ao mesmo tempo. Para y_{O_2} da simulação atinge valores perto de 0 % após 120 h e o experimental atinge 0,028 % após 140 h.

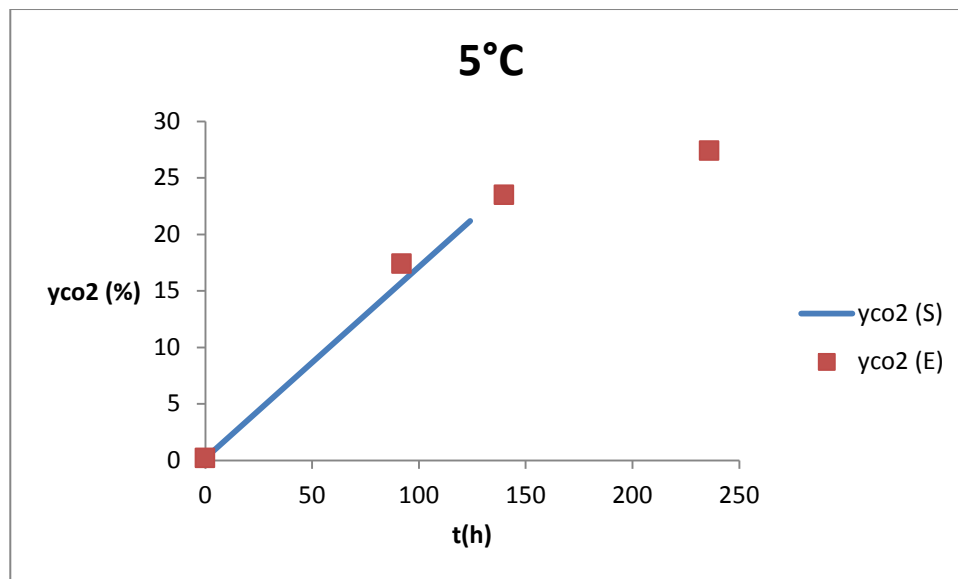


Figura 68 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de maçã armazenados a 5 °C

Na Figura 68 pode observar-se a evolução do y_{CO_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{CO_2} experimental. Verifica-se que os valores da evolução são relativamente próximos, no qual o valor de y_{CO_2} obtido através da simulação aumenta ligeiramente mais rápido. Pois após 90 h, y_{CO_2} da simulação apresenta valores de 5,8 % e o y_{CO_2} experimental após 92 h é de 2,43 %.

4.3.2.2. Morango

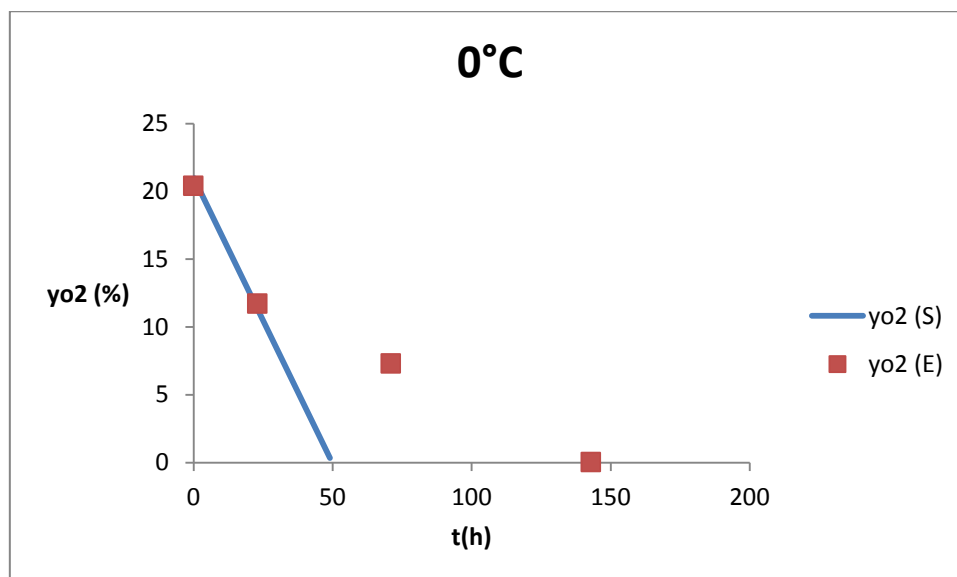


Figura 69 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 0 °C

Na figura 69, verifica-se que a evolução do y_{O_2} experimental é ligeiramente melhor do que a evolução do y_{O_2} da simulação. Pois, y_{O_2} experimental atinge 0,03 % após 143 h e o y_{O_2} da simulação atinge 0,3 % após 49 h.

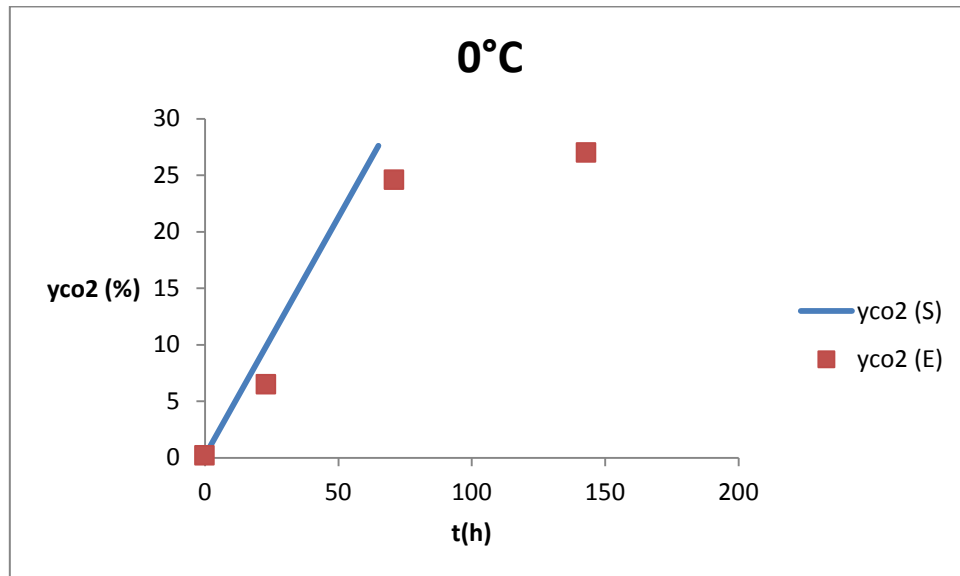


Figura 70 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a $0^\circ C$

Na Figura 70 pode observar-se a evolução do y_{CO_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{CO_2} experimental. Verifica-se que os valores da evolução experimental são relativamente melhores que na simulação, no qual o valor de y_{CO_2} obtido através da simulação aumenta ligeiramente mais rápido. Pois após 71 h, y_{CO_2} da simulação apresenta valores de 30,1 % e o y_{CO_2} experimental apresenta 7,29 %.

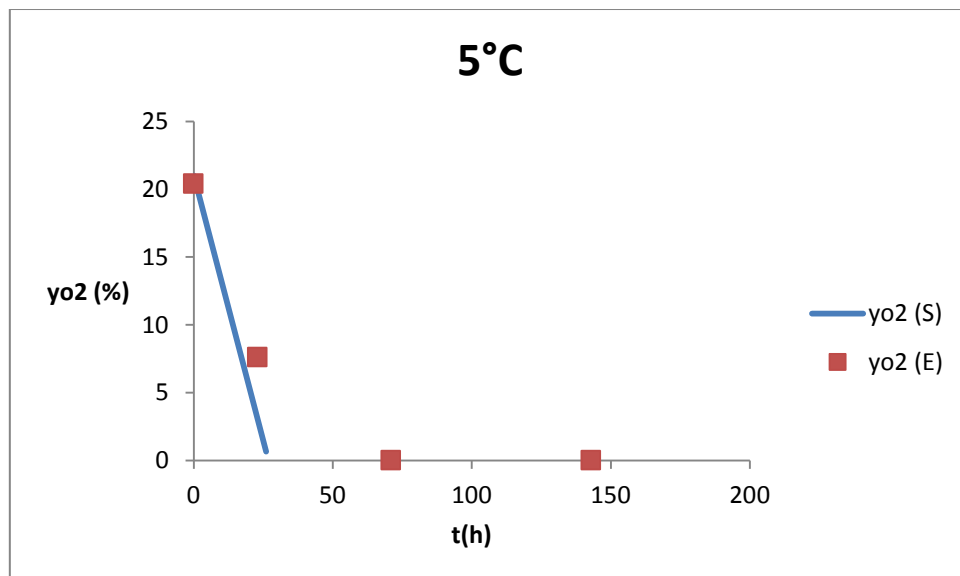


Figura 71 – Evolução do y_{O_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{O_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a $5^\circ C$

Na figura 71, verifica-se que a evolução do y_{O_2} experimental é ligeiramente melhor do que a evolução do y_{O_2} da simulação. Pois, y_{O_2} experimental atinge 7,6 % após 23 h e o y_{O_2} da simulação atinge 0,7 % após 26 h.

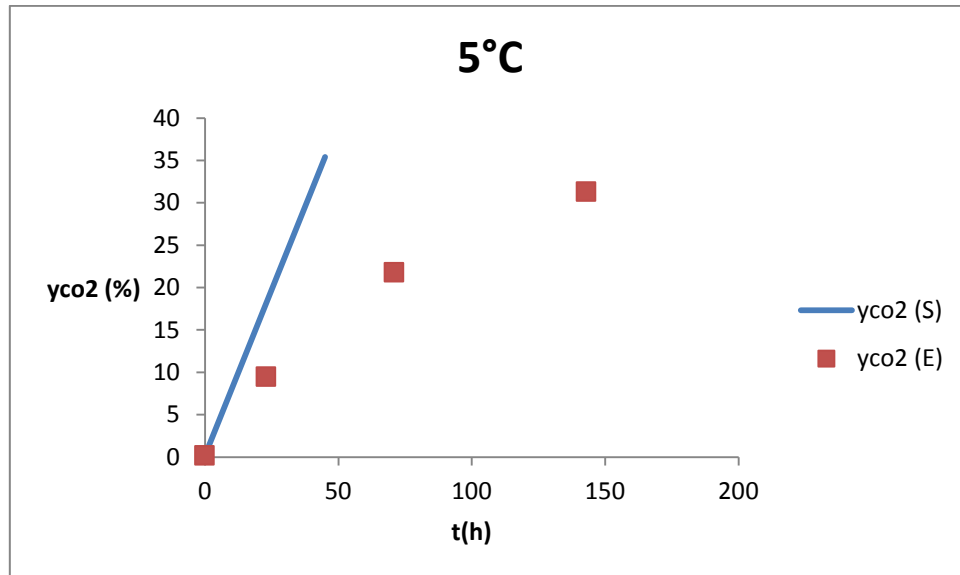


Figura 72 – Evolução do y_{CO_2} da simulação em comparação com a evolução do y_{CO_2} experimental dos pedaços de morango armazenados a 5 °C

Na Figura 72 pode observar-se a evolução do y_{CO_2} obtido através a simulação, utilizando a equação 4, e a evolução do y_{CO_2} experimental. Verifica-se que os valores da evolução experimental são relativamente melhores que na simulação, no qual o valor de y_{CO_2} obtido através da simulação aumenta ligeiramente mais rápido. Pois após 26 h, y_{CO_2} da simulação apresenta valores de 20,5 % e o y_{CO_2} experimental apresenta 7,6 % após 23 h.

5. Conclusão

Em conclusão, e de acordo com o estudo de mercado feito para este trabalho, não existe, atualmente, uma grande variedade de produtos com fruta fresca pré-cortada, na grande distribuição, apenas se encontrou fruta desidratada e algumas frutas já cortadas protegidas em película transparente mas com um tempo de vida útil muito reduzido. As frutas cortadas encontradas foram: ananás, meloa e manga. Nas Faculdades e as Escolas Secundárias não se encontrou nenhum produto com fruta fresca pré-cortada nas máquinas de venda automática. Relativamente aos iogurtes bicompartimentados apenas se encontrou iogurtes com cereais, chocolates ou biscoitos e frutas liofilizadas. Sendo assim, um iogurte bicompartimentados como acompanhante a fruta fresca pré-cortada ainda não existe no mercado e poderia ser um produto alimentar muito inovador e com uma grande procura.

No fim de todo o trabalho laboratorial, comprovou-se que efetivamente o armazenamento a temperaturas baixas é uma mais-valia na preservação da qualidade da fruta fresca pré-cortada. Relativamente ao tratamento térmico moderado isso já não foi tão evidente pois não houve uma diferença bastante notória entre os estudos sem tratamento térmico e com os estudos com tratamento térmico, ainda sobre o tratamento térmico pode-se salientar que, este, até prejudicou a cor da fruta fresca cortada, sendo umas das principais desvantagens que esta técnica de preservação apresenta. Quanto à simulação, comparando o valor obtido com os valores obtidos experimentalmente, verifica-se que os obtidos em laboratório foram ligeiramente melhores do que os simulados. No entanto, não se obteve os resultados desejados, pois o pretendido era alargar o tempo de vida útil dos pedaços de maçã e morango para o acompanhamento de iogurtes, desenvolvendo assim um novo produto. Pois, o esperado era aumentar o tempo de vida útil da fruta fresca o mais perto possível do tempo de vida útil do iogurte (30 dias) o que não foi conseguido.

Obteve-se, para o estudo sem tratamento térmico, 9 dias para a maçã armazenada a 0 °C com 0,3 % de O₂ e 21,5 % de C_{O2}; 6 dias a 5 °C com 0,028 % de O₂ e 23,5 % de C_{O2} num primeiro estudo e 0,07 % de O₂ e 22,8 % de C_{O2} num segundo estudo e, por fim, a 2 °C obteve-se 6 dias com 0,4 % de O₂ e 17,9 % de C_{O2}. Com tratamento térmico, obteve-se 10 dias a 0 °C com O₂ entre 1,1 e 2,5 % e C_{O2} entre 17,3 e 18,5 %. Para o morango, sem tratamento térmico, obteve-se 3 dias a 0 °C e a 5 °C com 7,3 % de O₂ e 10,0 C_{O2} e 0,009 % de O₂ e 21,8 % de C_{O2}, respetivamente. Com tratamento térmico, obteve-se 3 dias a 0 °C com O₂ entre 0,9 % a 8,2 % e de C_{O2} entre 10,2 % a 14,2 %. É de salientar que para o morango, com o

tratamento térmico moderado, os melhores resultados obtidos foram os pedaços de morango que foram cortados após o tratamento térmico.

Sendo assim, e consoante os resultados obtidos é muito importante e necessário continuar a investigar técnicas para a otimização do tempo de vida útil da fruta fresca pré-cortada e realizar estudos que envolvam análises microbiológicas para se conhecer os efeitos de novas técnicas de preservação a nível microbiológico na fruta fresca pré-cortada. Pois, neste trabalho, verificou-se que apesar da fruta fresca pré-cortada, atingir a anaerobiose dentro da embalagem fechada não apresentavam quaisquer cheiros desagradáveis ou sinais de podridão e não mostravam um mau aspeto sensorial, apenas uma cor mais escura se apresentava mais acentuada nas partes internas da fruta (zona central próxima das sementes), concluindo que a região das sementes deve ser generosamente retirada. E, é sugerido que poderá ser interessante estudar os efeitos dos tratamentos térmicos moderados combinados com outras técnicas de preservação para aumentar a eficácia desta técnica. Outra técnica que poderá ser interessante estudar são os revestimentos comestíveis combinados com a embalagem em atmosfera modificada.

6. Referências Bibliográficas

Abadias, M., I. Alegre, J. Usall, R. Torres and I. Vinas (2011). "Evaluation of alternative sanitizers to chlorine disinfection for reducing foodborne pathogens in fresh-cut apple." Postharvest Biology and Technology **59**(3): 289-297.

Abadias, M., J. Usall, M. Oliveira, I. Alegre and I. Vinas (2008). "Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables." International Journal of Food Microbiology **123**(1-2): 151-158.

Abbott, J. A., R. A. Saftner, K. C. Gross, B. T. Vinyard and J. Janick (2004). "Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji,' 'Golden Delicious,' 'GoldRush,' and 'Granny Smith' apples." Postharvest Biology and Technology **33**(2): 127-140.

Aday, M. S. and C. Caner (2011). "The Applications of 'Active Packaging and Chlorine Dioxide' for Extended Shelf Life of Fresh Strawberries." Packaging Technology and Science **24**(3): 123-136.

Aguayo, E., C. Requejo-Jackman, R. Stanley and A. Woolf (2010). "Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices." Postharvest Biology and Technology **57**(1): 52-60.

Alegre, I., M. Abadias, M. Anguera, M. Oliveira and I. Vinas (2010). "Factors affecting growth of foodborne pathogens on minimally processed apples." Food Microbiology **27**(1): 70-76.

Alegre, I., M. Abadias, M. Anguera, J. Usall and I. Vinas (2010). "Fate of Escherichia coli O157:H7, Salmonella and Listeria innocua on minimally-processed peaches under different storage conditions." Food Microbiology **27**(7): 862-868.

Allende, A. and F. Artes (2003). "UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce." Food Research International **36**(7): 739-746.

Allende, A., J. McEvoy, Y. Tao and Y. G. Luo (2009). "Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro." Food Control **20**(3): 230-234.

Anese, M., M. Manzano and M. C. Nicoli (1997). "Quality of minimally processed apple slices using different modified atmosphere conditions." Journal of Food Quality **20**(5): 359-370.

Annous, B. A., A. Burke and J. E. Sites (2004). "Surface pasteurization of whole fresh cantaloupes inoculated with *Salmonella poona* or *Escherichia coli*." Journal of Food Protection **67**(9): 1876-1885.

Anthon, G. E., L. Blot and D. M. Barrett (2005). "Improved firmness in calcified diced tomatoes by temperature activation of pectin methylesterase." Journal of Food Science **70**(5): C342-C347.

Ayebah, B. and Y. C. Hung (2005). "Electrolyzed water and its corrosiveness on various surface materials commonly found in food processing facilities." Journal of Food Process Engineering **28**(3): 247-264.

Azzini, E., P. Vitaglione, F. Intorre, A. Napolitano, A. Durazzo, M. S. Foddai, A. Fumagalli, G. Catasta, L. Rossi, E. Venneria, A. Raguzzini, L. Palomba, V. Fogliano and G. Maiani (2010). "Bioavailability of strawberry antioxidants in human subjects." British Journal of Nutrition **104**(8): 1165-1173.

Baldwin, E. A., M. O. Nisperoscarriedo and R. A. Baker (1995). "Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Lightly (and Slightly) Processed Products." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **35**(6): 509-524.

Bari, M. L., Y. Sabina, S. Isobe, T. Uemura and K. Isshiki (2003). "Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes (vol 66, pg 542, 2003)." Journal of Food Protection **66**(9): 1541-1542.

Beirao-da-Costa, S., A. Cardoso, L. L. Martins, J. Empis and M. Moldao-Martins (2008). "The effect of calcium dips combined with mild heating of whole kiwifruit for fruit slices quality maintenance." Food Chemistry **108**(1): 191-197.

Beirao-da-Costa, S., J. Empis and M. Moldao-Martins (2014). "Fresh-Cut Kiwifruit Structure and Firmness as Affected by Heat Pre-treatments and Post-cut Calcium Dips." Food and Bioprocess Technology **7**(4): 1128-1136.

Beirao-da-Costa, S., A. Steiner, L. Correia, J. Empis and M. Moldao-Martins (2006). "Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit." Journal of Food Engineering **76**(4): 616-625.

Benitez, S., I. Achaerandio, M. Pujola and F. Sepulcre (2015). "Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh-cut fruits: A case of study with kiwifruit slices." Lwt-Food Science and Technology **61**(1): 184-193.

Benitez, S., M. Chiumenti, F. Sepulcre, I. Achaerandio and M. Pujola (2012). "Modeling the effect of storage temperature on the respiration rate and texture of fresh cut pineapple." Journal of Food Engineering **113**(4): 527-533.

Bett-Garber, K. L., M. A. Watson, J. M. Lea, E. T. Champagne and O. Lamikanra (2010). "Effect of Combined Underwater Processing and Mild Precut Heat Treatment on the Sensory Quality and Storage of Fresh-Cut Cantaloupe Melon." Journal of Food Quality **33**(4): 424-438.

Beuchat, L. R. (1996). "Pathogenic microorganisms associated with fresh produce." Journal of Food Protection **59**(2): 204-216.

Bintsis, T., E. Litopoulou-Tzanetaki and R. K. Robinson (2000). "Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review." Journal of the Science of Food and Agriculture **80**(6): 637-645.

Botrel, D. A., N. D. F. Soares, G. P. Camilloto and R. V. D. Fernandes (2010). "Starch-based edible coating on extending shelf life of fresh-cut pear." Ciencia Rural **40**(8): 1814-1820.

Brackett, R. E. (1999). "Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce." Postharvest Biology and Technology **15**(3): 305-311.

- Burnett, S. L. and L. R. Beuchat (2000). "Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination." Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology **25**(6): 281-287.
- Buta, J. G., H. E. Moline, D. W. Spaulding and C. Y. Wang (1999). "Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives." Journal of Agricultural and Food Chemistry **47**(1): 1-6.
- Caleb, O. J., P. V. Mahajan, U. L. Opara and C. R. Witthuhn (2012). "Modeling the Effect of Time and Temperature on Respiration Rate of Pomegranate Arils (cv. "Acco" and "Herskawitz")." Journal of Food Science **77**(4): E80-E87.
- Caleb, O. J., U. L. Opara and C. R. Witthuhn (2012). "Modified Atmosphere Packaging of Pomegranate Fruit and Arils: A Review." Food and Bioprocess Technology **5**(1): 15-30.
- Cao, S. F., Z. C. Hu, B. Pang, H. O. Wang, H. X. Xie and F. Wu (2010). "Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest." Food Control **21**(4): 529-532.
- Carreno-Olejua, R., W. C. Hofacker and O. Hensel (2010). "High-Pressure Water-Jet Technology as a Method of Improving the Quality of Post-Harvest Processing." Food and Bioprocess Technology **3**(6): 853-860.
- Charles, F., J. Sanchez and N. Gontard (2003). "Active modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables: Modeling with tomatoes and oxygen absorber." Journal of Food Science **68**(5): 1736-1742.
- Choi, B. S. (1986). "On the Relation between the Maximum-Entropy Probability Density-Function and the Autoregressive Model." Ieee Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing **34**(6): 1659-1661.
- Chung, H. S. and K. D. Moon (2009). "Browning characteristics of fresh-cut 'Tsugaru' apples as affected by pre-slicing storage atmospheres." Food Chemistry **114**(4): 1433-1437.

Cliff, M. A., P. M. A. Toivonen, C. F. Forney, P. Liu and C. W. Lu (2010). "Quality of fresh-cut apple slices stored in solid and micro-perforated film packages having contrasting O-2 headspace atmospheres." Postharvest Biology and Technology **58**(3): 254-261.

Conway, W. S., B. Leverentz, R. A. Saftner, W. J. Janisiewicz, C. E. Sams and E. Leblanc (2000). "Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apple slices and its interaction with *Glomerella cingulata* and *Penicillium expansum*." Plant Disease **84**(2): 177-181.

Corbo, M. R., A. Bevilacqua, D. Campaniello, D. D'Amato, B. Speranza and M. Sinigaglia (2009). "Prolonging microbial shelf life of foods through the use of natural compounds and non-thermal approaches - a review." International Journal of Food Science and Technology **44**(2): 223-241.

Cordenunsi, B. R., M. I. Genovese, J. R. O. do Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J. dos Santos and F. M. Lajolo (2005). "Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars." Food Chemistry **91**(1): 113-121.

Del Nobile, M. A., M. Cannarsi, C. Altieri, M. Sinigaglia, P. Favia, G. Iacoviello and R. D'agostino (2004). "Effect of Ag-containing nano-composite active packaging system on survival of *Alicyclobacillus acidoterrestris*." Journal of Food Science **69**(8): E379-E383.

Delaquis, P. J., L. R. Fukumoto, P. M. A. Toivonen and M. A. Cliff (2004). "Implications of wash water chlorination and temperature for the microbiological and sensory properties of fresh-cut iceberg lettuce." Postharvest Biology and Technology **31**(1): 81-91.

Dingman, D. W. (2000). "Growth of *Escherichia coli* O157 : H7 in bruised apple (*Malus domestica*) tissue as influenced by cultivar, date of harvest, and source." Applied and Environmental Microbiology **66**(3): 1077-1083.

Drosinos, E. H., C. Tassou, K. Kakiomenou and G. J. E. Nychas (2000). "Microbiological, physico-chemical and organoleptic attributes of a country tomato salad and fate of *Salmonella enteritidis* during storage under aerobic or modified

atmosphere packaging conditions at 4 degrees C and 10 degrees C." Food Control **11**(2): 131-135.

Espin, J. C., P. A. Garcia-Ruiz, J. Tudela, R. Varon and F. Garcia-Canovas (1998). "Monophenolase and diphenolase reaction mechanisms of apple and pear polyphenol oxidases." Journal of Agricultural and Food Chemistry **46**(8): 2968-2975.

Fagundes, C., B. A. Carciofi and A. R. Monteiro (2013). "Estimate of respiration rate and physicochemical changes of fresh-cut apples stored under different temperatures." Food Science and Technology **33**(1): 60-67.

Fallik, E. (2004). "Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing)." Postharvest Biology and Technology **32**(2): 125-134.

Fan, X. T., B. A. Niemera, J. P. Mattheis, H. Zhuang and D. W. Olson (2005). "Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment." Journal of Food Science **70**(2): S143-S148.

Finnegan, E. and D. O'Beirne (2015). "Characterising and tracking deterioration patterns of fresh-cut fruit using principal component analysis - Part I." Postharvest Biology and Technology **100**: 73-80.

Fisher, T. L. and D. A. Golden (1998). "Fate of Escherichia coli O157 : H7 in ground apples used in cider production." Journal of Food Protection **61**(10): 1372-1374.

Flessa, S., D. M. Lusk and L. J. Harris (2005). "Survival of Listeria monocytogenes on fresh and frozen strawberries." International Journal of Food Microbiology **101**(3): 255-262.

Fonseca, J. M. and J. W. Rushing (2006). "Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon." Postharvest Biology and Technology **40**(3): 256-261.

Fonseca, S. C., F. A. R. Oliveira and J. K. Brecht (2002). "Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review." Journal of Food Engineering **52**(2): 99-119.

Forney, C. F., J. Song, P. M. A. Toivonen, M. Cliff, C. W. Lu and M. A. Jordan (2010). "Factors Affecting the Flavor of Fresh-cut Apples." Hortscience **45**(8): S57-S57.

Freitas, I. R., W. R. Cortez-Vega, S. Pizato, C. Prentice-Hernandez and C. D. Borges (2013). "Xanthan Gum as a Carrier of Preservative Agents and Calcium Chloride Applied on Fresh-Cut Apple." Journal of Food Safety **33**(3): 229-238.

Gil, M. I., F. Ferreres and F. A. Tomas-Barberan (1999). "Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach." Journal of Agricultural and Food Chemistry **47**(6): 2213-2217.

Gil, M. I., M. V. Selma, F. Lopez-Galvez and A. Allende (2009). "Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions." International Journal of Food Microbiology **134**(1-2): 37-45.

Gomes, M. H., R. M. Beaudry, D. P. F. Almeida and F. X. Malcata (2010). "Modelling respiration of packaged fresh-cut 'Rocha' pear as affected by oxygen concentration and temperature." Journal of Food Engineering **96**(1): 74-79.

Gomez, P. L., S. M. Alzamora, M. A. Castro and D. M. Salvatori (2010). "Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior." Journal of Food Engineering **98**(1): 60-70.

Gonzalez-Aguilar, G. A., J. G. Buta and C. Y. Wang (2003). "Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'." Postharvest Biology and Technology **28**(3): 361-370.

Gopal, A., J. Coventry, J. Wan, H. Roginski and S. Ajlouni (2010). "Alternative disinfection techniques to extend the shelf life of minimally processed iceberg lettuce." Food Microbiology **27**(2): 210-219.

Graca, A., M. Salazar, C. Quintas and C. Nunes (2013). "Low dose UV-C illumination as an eco-innovative disinfection system on minimally processed apples." Postharvest Biology and Technology **85**: 1-7.

Guerrero-Beltran, J. A. and G. V. Barbosa-Canovas (2004). "Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light." Food Science and Technology International **10**(3): 137-147.

Gunes, G. G. and J. H. Hotchkiss (2002). "Growth and survival of Escherichia coli O157 : H7 on fresh-cut apples in modified atmospheres at abusive temperatures." Journal of Food Protection **65**(10): 1641-1645.

Hodges, D. M. and P. M. A. Tolonen (2008). "Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress." Postharvest Biology and Technology **48**(2): 155-162.

Hough, G. and L. Garitta (2012). "Methodology for Sensory Shelf-Life Estimation: A Review." Journal of Sensory Studies **27**(3): 137-147.

Hughes, J. S. (2010). "Understanding Phytochemicals in Fresh Fruits and Vegetables." Southeast Asia Symposium on Quality and Safety of Fresh and Fresh-Cut Produce **875**: 471-476.

Hung, Y. C., P. Tilly and C. Kim (2010). "Efficacy of Electrolyzed Oxidizing (Eo) Water and Chlorinated Water for Inactivation of Escherichia Coli O157:H7 on Strawberries and Broccoli." Journal of Food Quality **33**(5): 559-577.

Iqbal, T., F. A. R. Oliveira, J. P. Kerry, L. Gil, M. C. Manso and L. M. Cunha (2005). "Modelling the influence of storage time on the respiration rate of shredded carrots at different temperatures under ambient atmosphere." Proceedings of the 3rd International Symposium on Applications of Modelling as an Innovative Technology in the Agri-Food Chain(674): 105-111.

Iqbal, T., F. A. S. Rodrigues, P. V. Mahajan and J. P. Kerry (2009). "Effect of Time, Temperature, and Slicing on Respiration Rate of Mushrooms." Journal of Food Science **74**(6): E298-E303.

Jang, J. H. and K. D. Moon (2011). "Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid." Food Chemistry **124**(2): 444-449.

- Janisiewicz, W. J., W. S. Conway, M. W. Brown, G. M. Sapers, P. Fratamico and R. L. Buchanan (1999). "Fate of *Escherichia coli* O157 : H7 on fresh-cut apple tissue and its potential for transmission by fruit flies." Applied and Environmental Microbiology **65**(1): 1-5.
- Juven, B. J. and M. D. Pierson (1996). "Antibacterial effects of hydrogen peroxide and methods for its detection and quantitation." Journal of Food Protection **59**(11): 1233-1241.
- Kader, A. A. (2010). "Future of Modified Atmosphere Research." Ix International Controlled Atmosphere Research Conference **857**: 213-217.
- Kays, S. J. (2010). "Quality Maintenance of Fresh Produce." Southeast Asia Symposium on Quality and Safety of Fresh and Fresh-Cut Produce **875**: 27-31.
- Kim, C., Y. C. Hung, R. E. Brackett and J. F. Frank (2001). "Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water." Journal of Food Processing and Preservation **25**(2): 91-100.
- Klopotek, Y., K. Otto and V. Bohm (2005). "Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity." Journal of Agricultural and Food Chemistry **53**(14): 5640-5646.
- Knudsen, D. M., S. A. Yamamoto and L. J. Harris (2001). "Survival of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157 : H7 on fresh and frozen strawberries." Journal of Food Protection **64**(10): 1483-1488.
- Koseki, S., S. Isobe and K. Itoh (2004). "Efficacy of acidic electrolyzed water ice for pathogen control on lettuce." Journal of Food Protection **67**(11): 2544-2549.
- Koseki, S., K. Yoshida, Y. Kamitani and K. Itoh (2003). "Influence of inoculation method, spot inoculation site, and inoculation size on the efficacy of acidic electrolyzed water against pathogens on lettuce." Journal of Food Protection **66**(11): 2010-2016.
- Leverentz, B., W. S. Conway, Z. Alavidze, W. J. Janisiewicz, Y. Fuchs, M. J. Camp, E. Chighladze and A. Sulakvelidze (2001). "Examination of bacteriophage as a biocontrol

method for Salmonella on fresh-cut fruit: A model study." Journal of Food Protection **64**(8): 1116-1121.

Li, X. H., W. L. Li, Y. H. Jiang, Y. L. Ding, J. Yun, Y. Tang and P. P. Zhang (2011). "Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut 'Fuji' apple." International Journal of Food Science and Technology **46**(9): 1947-1955.

Lin, C. M., S. S. Moon, M. P. Doyle and K. H. McWatters (2002). "Inactivation of Escherichia coli O157 : H7, Salmonella enterica serotype enteritidis, and Listeria monocytogenes on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat." Journal of Food Protection **65**(8): 1215-1220.

Lu, D. H., M. Zhang, S. J. Wang, J. L. Cai, C. P. Zhu and X. Zhou (2009). "Effects of modified atmosphere packaging with different sizes of silicon gum film windows on Salicornia bigelovii Torr. storage." Journal of the Science of Food and Agriculture **89**(9): 1559-1564.

Lu, S. M., Y. G. Luo, E. Turner and H. Feng (2007). "Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices." Food Chemistry **104**(2): 824-829.

Luna-Guzman, I., M. Cantwell and D. M. Barrett (1999). "Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity." Postharvest Biology and Technology **17**(3): 201-213.

Luo, Y. and G. V. Barbosa Canovas (1996). "Preservation of apple slices using ascorbic acid and 4-hexylresorcinol." Food Science and Technology International **2**(5): 315-321.

Lurie, S. (1998). "Postharvest heat treatments." Postharvest Biology and Technology **14**(3): 257-269.

Mahajan, P. V., A. Luca and M. Edelenbos (2014). "Impact of Mixtures of Different Fresh-Cut Fruits on Respiration and Ethylene Production Rates." Journal of Food Science **79**(7): E1366-E1371.

Mahajan, P. V., F. A. R. Oliveira, J. C. Montanez and J. Frias (2007). "Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce." Innovative Food Science & Emerging Technologies **8**(1): 84-92.

Martinez-Ferrer, M., C. Harper, F. Perez-Muroz and M. Chaparro (2002). "Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits." Journal of Food Science **67**(9): 3365-3371.

Maya-Meraz, I. O., M. Espino-Diaz, F. J. Molina-Corral, G. A. Gonzalez-Aguilar, J. L. Jacobo-Cuellar, D. R. Sepulveda and G. I. Olivas (2014). "Production of Volatiles in Fresh-Cut Apple: Effect of Applying Alginate Coatings Containing Linoleic Acid or Isoleucine." Journal of Food Science **79**(11): C2185-C2191.

McCann, M. J., C. I. R. Gill, G. O'Brien, J. R. Rao, W. C. McRoberts, P. Hughes, R. McEntee and I. R. Rowland (2007). "Anti-cancer properties of phenolics from apple waste on colon carcinogenesis in vitro." Food and Chemical Toxicology **45**(7): 1224-1230.

Mead, P. S., L. Slutsker, V. Dietz, L. F. McCaig, J. S. Bresee, C. Shapiro, P. M. Griffin and R. V. Tauxe (1999). "Food-related illness and death in the United States." Emerging Infectious Diseases **5**(5): 607-625.

Mertens-Talcott, S. U., P. Jilma-Stohlawetz, J. Rios, L. Hingorani and H. Derendorf (2006). "Absorption, metabolism, and antioxidant effects of pomegranate (*Punica granatum* L.) polyphenols after ingestion of a standardized extract in healthy human volunteers." Journal of Agricultural and Food Chemistry **54**(23): 8956-8961.

Nakagawara, S., T. Goto, M. Nara, Y. Ozawa, K. Hotta and Y. Arata (1998). "Spectroscopic characterization and the pH dependence of bactericidal activity of the aqueous chlorine solution." Analytical Sciences **14**(4): 691-698.

Nakajima, S., L. Lan, S. Kanno, M. Takao, K. Yamamoto, A. P. M. Eker and A. Yasui (2004). "Light-induced DNA damage and tolerance for the survival of nucleotide excision repair-deficient human cells." Journal of Biological Chemistry **279**(45): 46674-46677.

Nguyenthe, C. and F. Carlin (1994). "The Microbiology of Minimally Processed Fresh Fruits and Vegetables." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **34**(4): 371-401.

Nielsen, T. and A. Leufven (2008). "The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries." Food Chemistry **107**(3): 1053-1063.

Obando, J. M., V. Jimenez, R. A. Infante, A. P. Machuca, L. A. Lizana and V. H. Escalona (2010). "Effect of Heat Treatments on the Quality of Fresh-cut 'Ryan Sun' Peaches." Hortscience **45**(8): S170-S170.

Olivas, G. I. and G. V. Barbosa-Canovas (2005). "Edible coatings for fresh-cut fruits." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **45**(7-8): 657-670.

Olmez, H. and M. Y. Akbas (2009). "Optimization of ozone treatment of fresh-cut green leaf lettuce." Journal of Food Engineering **90**(4): 487-494.

Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny and O. Martin-Belloso (2008). "Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears stored in high oxygen active packages compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging." Postharvest Biology and Technology **48**(2): 295-301.

Ongeng, D., F. Devlieghere, J. Debevere, J. Coosemans and J. Ryckeboer (2006). "The efficacy of electrolysed oxidising water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables." International Journal of Food Microbiology **109**(3): 187-197.

Opara, U. L. and M. R. Al-Ani (2010). "Antioxidant contents of pre-packed fresh-cut versus whole fruit and vegetables." British Food Journal **112**(8-9): 797-810.

Ozoglu, H. and A. Bayindirli (2002). "Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents." Food Control **13**(4-5): 213-221.

Pan, J., A. R. Vicente, G. A. Martinez, A. R. Chaves and P. M. Civello (2004). "Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit." Journal of the Science of Food and Agriculture **84**(14): 1831-1838.

- Park, C. M., Y. C. Hung, M. P. Doyle, G. O. I. Ezeike and C. Kim (2001). "Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed oxidizing and acidified chlorinated water." Journal of Food Science **66**(9): 1368-1372.
- Park, H., Y. C. Hung and C. Kim (2002). "Effectiveness of electrolyzed water as a sanitizer for treating different surfaces." Journal of Food Protection **65**(8): 1276-1280.
- Perez-Gago, M. B., M. Serra and M. A. del Rio (2006). "Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings." Postharvest Biology and Technology **39**(1): 84-92.
- Peyches-Bach, A., M. Moutounet, S. Peyron and P. Chalier (2009). "Factors determining the transport coefficients of aroma compounds through polyethylene films." Journal of Food Engineering **95**(1): 45-53.
- Ponce, A. D., M. I. D. Bastiani, V. P. Minim and M. C. D. Vanetti (2010). "Physicochemical and microbiological characteristics of fresh-cut strawberry." Ciencia E Tecnologia De Alimentos **30**(1): 113-118.
- Pristijono, P., R. B. H. Wills and J. B. Golding (2006). "Inhibition of browning on the surface of apple slices by short term exposure to nitric oxide (NO) gas." Postharvest Biology and Technology **42**(3): 256-259.
- Quevedo, R., E. Valencia, P. Lopez, E. Gunckel, F. Pedreschi and J. Bastias (2014). "Characterizing the Variability of Enzymatic Browning in Fresh-Cut Apple Slices." Food and Bioprocess Technology **7**(5): 1526-1532.
- Raybaudi-Massilia, R. M., J. Mosqueda-Melgar and O. Martin-Belloso (2008). "Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon." International Journal of Food Microbiology **121**(3): 313-327.
- Rico, D., A. B. Martin-Diana, J. M. Barat and C. Barry-Ryan (2007). "Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review." Trends in Food Science & Technology **18**(7): 373-386.

Robards, K., P. D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang and W. Glover (1999). "Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits." Food Chemistry **66**(4): 401-436.

Robinson, J. E., K. M. Browne and W. G. Burton (1975). "Storage Characteristics of Some Vegetables and Soft Fruits." Annals of Applied Biology **81**(3): 399-408.

Rojas-Grau, M. A., A. Sobrino-Lopez, M. S. Tapia and O. Martin-Belloso (2006). "Browning inhibition in fresh-cut 'fuji' apple slices by natural antibrowning agents." Journal of Food Science **71**(1): S59-S65.

Roos, Y. H. (1993). "Water Activity and Physical State Effects on Amorphous Food Stability." Journal of Food Processing and Preservation **16**(6): 433-447.

Ruiz-Cruz, S., E. Acedo-Felix, M. Diaz-Cinco, M. A. Islas-Osuna and G. A. Gonzalez-Aguilar (2007). "Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157 : H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots." Food Control **18**(11): 1383-1390.

Rupasinghe, H. P. V., J. Boulter-Bitzer, T. Ahn and J. A. Odumeru (2006). "Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms in vitro and aerobic microbial growth in fresh-cut apples." Food Research International **39**(5): 575-580.

Sandhya (2010). "Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs." Lwt-Food Science and Technology **43**(3): 381-392.

Sandhya (2015). "Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs (vol 43, pg 381, 2010)." Lwt-Food Science and Technology **62**(1): 371-371.

Sapers, G. M. (2005). "Quality and safety of fresh-cut produce." Proceedings of the 2nd Central European Meeting: 5th Croatian Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists, 2004: 77-84.

Sapers, G. M., L. Garzarella and V. Pilizota (1990). "Application of Browning Inhibitors to Cut Apple and Potato by Vacuum and Pressure Infiltration." Journal of Food Science **55**(4): 1049-1053.

Sapers, G. M. and R. L. Miller (1998). "Browning inhibition in fresh-cut pears." Journal of Food Science **63**(2): 342-346.

Schenk, M., S. Raffellini, S. Guerrero, G. A. Blanco and S. M. Alzamora (2011). "Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria innocua* and *Saccharomyces cerevisiae* by UV-C light: Study of cell injury by flow cytometry." Lwt-Food Science and Technology **44**(1): 191-198.

Serrano, M., D. Martinez-Romero, S. Castillo, F. Guillen and D. Valero (2004). "Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum." Postharvest Biology and Technology **34**(2): 155-167.

Shah, N. S. and N. Nath (2006). "Minimally processed fruits and vegetables - Freshness with convenience." Journal of Food Science and Technology-Mysore **43**(6): 561-570.

Siddiq, M., J. B. Harte, S. P. Singh, A. A. Khan, K. D. Dolan and K. Saha (2011). "Effect of Processing, Packaging and Vibration Treatment on the Sensory Quality of Fresh-cut Apple Slices." Packaging Technology and Science **24**(5): 309-315.

Siddiqui, M. W., I. Chakraborty, J. F. Ayala-Zavala and R. S. Dhua (2011). "Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review." Journal of Scientific & Industrial Research **70**(10): 823-834.

Soliva-Fortuny, R. C., M. Ricart-Coll and O. Martin-Belloso (2005). "Sensory quality and internal atmosphere of fresh-cut Golden Delicious apples." International Journal of Food Science and Technology **40**(4): 369-375.

Son, S. M., K. D. Moon and C. Y. Lee (2001). "Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices." Food Chemistry **73**(1): 23-30.

Su, Y. C., C. C. Liu and Y. C. Hung (2007). "Electrolyzed Water: Principles and Applications." New Biocides Development: Combined Approach of Chemistry and Microbiology **967**: 309-322.

Sumnu, S. S. a. S. G. (2006). Physical Properties of Foods.

- Talasila, P. C., K. V. Chau and J. K. Brecht (1995). "Design of Rigid Modified Atmosphere Packages for Fresh Fruits and Vegetables." Journal of Food Science **60**(4): 758-8.
- Torrieri, E., S. Cavella and P. Masi (2009). "Modelling the respiration rate of fresh-cut Annurca apples to develop modified atmosphere packaging." International Journal of Food Science and Technology **44**(5): 890-899.
- Tortoe, C., J. Orchard and A. Beezer (2007). "Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions." International Journal of Food Science and Technology **42**(12): 1475-1481.
- Udompijitkul, P., M. A. Daeschel and Y. Zhao (2007). "Antimicrobial effect of electrolyzed oxidizing water against Escherichia coli O157 : H7 and Listeria monocytogenes on fresh strawberries (Fragaria x ananassa)." Journal of Food Science **72**(9): M397-M406.
- Ukuku, D. O. (2004). "Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with Salmonella spp." International Journal of Food Microbiology **95**(2): 137-146.
- Valencia-Chamorro, S. A., L. Palou, M. A. del Rio and M. B. Perez-Gago (2011). "Antimicrobial Edible Films and Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: A Review." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **51**(9): 872-900.
- Varela, P., A. Salvador and S. M. Fiszman (2007). "The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach." European Food Research and Technology **224**(4): 461-467.
- Waghmare, R. B., P. V. Mahajan and U. S. Annapure (2013). "Modelling the effect of time and temperature on respiration rate of selected fresh-cut produce." Postharvest Biology and Technology **80**: 25-30.
- Xu, L. J. (1999). "Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables." Food Technology **53**(10): 58-+.

Yaun, B. R., S. S. Sumner, J. D. Eifert and J. E. Marcy (2004). "Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy." International Journal of Food Microbiology **90**(1): 1-8.

Zhang, M., X. Y. Meng, B. Bhandari, Z. X. Fang and H. Z. Chen (2015). "Recent Application of Modified Atmosphere Packaging (MAP) in Fresh and Fresh-Cut Foods." Food Reviews International **31**(2): 172-193.

Zhang, M., G. N. Xiao and V. M. Salokhe (2006). "Preservation of strawberries by modified atmosphere packages with other treatments." Packaging Technology and Science **19**(4): 183-191.

Zuo, L. and J. H. Lee (2004). "Effects of anti-browning agents on the quality of minimally processed apple cubes." Food Science and Biotechnology **13**(1): 40-45.

7. Anexos

I. Caracterização do mercado português de fruta fresca pré-cortada e iogurtes bicompartimentados

Tabela VIII – Resultados obtidos no estudo de mercado de iogurtes bicompartimentados

Continente			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
Continente – Disney Violeta	Cuvetes lado a lado	Bolas crocantes - <i>duplo mix</i>	10/12/2014
Continentes – Disney Planes	Cuvetes lado a lado	Bolas crocantes - <i>duplo mix</i>	10/12/2014
		Bolas Choco cereais	
		Bolas coloridas Chocolate	
Nestlé – Yoco Cookies	Cuvetes lado a lado	Biscoitos de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – Hello Kitty	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – Smarties	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – Chocapic	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – Nesquik	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – Kit Kat	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	10/12/2014
Nestlé – After Eight	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate com sabor a menta	10/12/2014
Nestlé - Nestum	Cuvetes lado a lado	Cereais Nestum	10/12/2014
Danone – Disney Margarida	Cuvetes lado a lado	“Corações” crocantes de chocolate	10/12/2014
Danone – Disney Minnie	Cuvetes lado a lado	“Lacinhos” crocantes de chocolate	10/12/2014
Danone – Disney Mickey	Cuvetes lado a lado	“Orelhinhas” crocantes de chocolate	10/12/2014
Danone - Activia	Copo	Cereais e pedaços de morangos secos	10/12/2014
PurNatur	Copo	Muesli	03/12/2014
Pingo Doce			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
Pingo Doce - Chocopintas	Cuvetes lado a lado	Discos de chocolate	04/12/2014
Nestlé - Cruch	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
Nestlé – Yoco Cookies	Cuvetes lado a lado	Biscoitos de chocolate	04/12/2014
Nestlé – Hello Kitty	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
Nestlé – Smarties	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
Nestlé – Chocapic	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
Nestlé – Nesquik	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
Danone – Disney Margarida	Cuvetes lado a lado	“Corações” crocantes de chocolate	04/12/2014
Danone – Disney Minnie	Cuvetes lado a lado	“Lacinhos” crocantes de chocolate	04/12/2014
Danone – Disney Mickey	Cuvetes lado a lado	“Orelhinhas” crocantes de chocolate	04/12/2014
Jumbo			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
Auchan – Bolitas Choco	Cuvetes lado a lado	Bolinhas de chocolate preto e branco	02/12/2014
Nestlé – After Eight	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate com sabor a menta	09/12/2014
Nestlé - Nestum	Cuvetes lado a lado	Cereais Nestum	22/11/2014

<i>Nestlé – Kit Kat</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	22/11/2014
<i>Nestlé - Cruch</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	22/11/2014
<i>Nestlé – Hello Kitty</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	02/12/2014
<i>Nestlé – Smarties</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	03/12/2014
<i>Nestlé – Chocapic</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	04/12/2014
<i>Nestlé – Yoco Cookies</i>	Cuvetes lado a lado	Biscoitos de chocolate	10/12/2014
<i>Nestlé – Nesquik</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	10/12/2014
<i>Danone – Disney Margarida</i>	Cuvetes lado a lado	“Corações” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Minnie</i>	Cuvetes lado a lado	“Lacinhos” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Mickey</i>	Cuvetes lado a lado	“Orelhinhas” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Donald</i>	Cuvetes lado a lado	“Patinhas” crocantes de chocolate	24/11/2014
Lidl			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
<i>Milbona – Choco Drops</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	08/12/2014
<i>Milbona – Crunchy Bears</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	08/12/2014
<i>Milbona – Duo</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	08/12/2014
<i>Nestlé – Smarties</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	12/12/2014
Mini-Preço			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
<i>Dia – iogurte de morango</i>	Cuvetes lado a lado	Bolinhas de chocolate coloridas	08/11/2014
<i>Dia – iogurte de baunilha</i>	Cuvetes lado a lado	Bolinhas de chocolate coloridas	08/11/2014
<i>Dia – iogurte açucarado</i>	Cuvetes lado a lado	Flocos de milho cobertos de chocolate	02/12/2014
<i>Dia – iogurte banana</i>	Cuvetes lado a lado	Bolinhas de chocolate	02/12/2014
<i>Dia – iogurte açucarado com morango</i>	Cuvetes lado a lado	Gelatina de Morango	02/12/2014
<i>Dia – iogurte açucarado com muesli</i>	Cuvetes lado a lado	<i>Muesli</i>	07/12/2014
<i>Nestlé - Nestum</i>	Cuvetes lado a lado	<i>Cereais Nestum</i>	21/11/2014
<i>Nestlé – Nesquik</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	09/12/2014
<i>Nestlé – Kit Kat</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	16/11/2014
<i>Nestlé – Chocapic</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	19/11/2014
<i>Nestlé – Smarties</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	13/12/2014
<i>Nestlé - Cruch</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	14/11/2014
<i>Danone – Disney Minnie</i>	Cuvetes lado a lado	“Lacinhos” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Margarida</i>	Cuvetes lado a lado	“Corações” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Mickey</i>	Cuvetes lado a lado	“Orelhinhas” crocantes de chocolate	24/11/2014
<i>Danone – Disney Donald</i>	Cuvetes lado a lado	“Patinhas” crocantes de chocolate	24/11/2014
SuperCor			
Marca	Embalagem	Acompanhante	Data de Validade
<i>Nestlé - Cruch</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	23/12/2014
<i>Nestlé – Smarties</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	23/12/2014
<i>Nestlé – Chocapic</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	23/12/2014
<i>Nestlé – Nesquik</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de chocolate	23/12/2014
<i>Nestlé – Kit Kat</i>	Cuvetes lado a lado	Crocantes de Chocolate	23/11/2014

II. Estudo com maçã sem tratamento térmico

Tabela IX – Temperatura nas câmaras de armazenamento no 1º estudo da maçã

t(h)	2°C	5°C
92	2	5
140	3	5
236	3	5
289	-1	4
DP	1,9	0,5

Tabela X – Temperatura nas câmaras de armazenamento no 2º estudo da maçã

t(h)	0°C	5°C
42	-1	5
138	1	6
210	0	5
DP	0,8	0,5

Tabela XI – Perda de massa ao longo do 1º estudo da maçã

Perda de Massa (%)													
T=2°C							T=5°C						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
4	92	52,03	51,22	1,56	1,49	0,065	4	92	49,54	49,10	0,89	1,06	0,085
		52,20	51,39	1,55					47,73	47,20	1,11		
		51,50	50,80	1,36					51,40	50,81	1,17		
6	140	51,43	50,29	2,22	1,67	0,411	6	140	51,10	50,44	1,29	1,02	0,306
		50,32	49,35	1,93					50,44	48,43	0,41		
		54,40	53,93	0,86					48,63	49,21	1,36		
10	236	50,71	49,76	1,87	0,94	0,467	10	236	49,89	48,84	0,63	1,27	0,541
		53,32	53,03	0,54					49,15	46,98	2,35		
		56,12	55,89	0,41					48,11	49,31	0,84		
12	289	52,41	51,77	1,22	0,81	0,207	12	289	49,73	49,82	1,41	2,86	1,431
		52,71	52,41	0,57					50,53	50,62	1,46		
		51,95	51,62	0,64					50,66	47,76	5,72		

Tabela XII – Perda de massa ao longo do 2º estudo da maçã

Perda de Massa (%)													
T=0°C							T=5°C						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
2	42	43,83	42,94	2,03	0,71	0,659	2	42	46,54	46,51	0,06	0,09	0,058
		48,46	48,42	0,08					45,08	45,08	0,00		
		42,64	42,63	0,02					46,02	45,93	0,20		
6	138	45,20	45,15	0,11	0,10	0,027	6	138	45,02	45,02	0,00	0,01	0,007
		45,54	45,48	0,13					46,92	46,92	0,00		
		46,44	46,42	0,04					45,71	45,7	0,02		
9	210	42,39	42,3	0,21	0,18	0,017	9	210	46,16	46,09	0,15	0,32	0,165
		45,26	45,19	0,15					43,05	42,77	0,65		
		48,93	48,84	0,18					50,80	50,72	0,16		

Tabela XIII – Concentração gases dentro da embalagem, no 1º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C

Concentração de y _{O2} e y _{CO2}								
T=2 °C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2} (%)	y _{CO2} (%)	Média (y _{O2})	Média (y _{CO2})	EP (y _{O2})	EP (y _{CO2})
0	0	---	21,2	0,2	21,2	0,2	0	0
			21,2	0,2				
4	92	1	4,58	13,0	4,8	13,0	0,23	0,1
		2	5,23	13,2				
		3	4,52	12,7				
6	140	4	0,327	18,6	0,43	17,9	0,11	0,7
		5	11,2*	11,8*				
		6	0,538	17,2				
10	236	7	0,016	22,1	0,01	23,5	0,01	0,9
		8	0,001	23,3				
		9	0,000	25,2				
12	289	10	0,004	25,3	0,00	25,6	0,00	0,22
		11	0,003	26,0				
		12	0,002	25,4				
T=5 °C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2} (%)	y _{CO2} (%)	Média (y _{O2})	Média (y _{CO2})	EP (y _{O2})	EP (y _{CO2})
0	0	---	21,2	0,2	21,2	0,2	0	0
			21,2	0,2				
4	92	1	2,15	17,4	2,4	17,4	0,26	0,1
		2	2,95	17,2				
		3	2,19	17,7				
6	140	4	0,02	23,4	0,03	23,5	0,02	0,4
		5	0,000	24,2				
		6	0,065	22,9				
10	236	7	0,001	26,4	0,01	27,4	0,01	0,6
		8	0,000	28,5				
		9	0,016	27,4				
12	289	10	7,11*	19,8*	0,00	29,6	0,00	1,4
		11	0,000	31,0				
		12	0,000	28,2				

EP=DP/ \sqrt{n}

*erro experimental, valor não considerado

Tabela XIV – Concentração gases dentro da embalagem, no 2º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C

Concentração de y _{O2} e y _{CO2}								
T=0 °C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2} (%)	y _{CO2} (%)	Média (y _{O2})	Média (y _{CO2})	EP (y _{O2})	EP (y _{CO2})
0	0	---	20,6	0,2	20,6	0,2	0	0
			20,6	0,2				
2	42	1	15,4	5,1	14,8	5,8	0,35	0,4
		2	14,2	6,3				
		3	14,9	6,1				
6	138	4	5,55	14,3	5,41	14,4	0,14	0,1
		5	5,50	14,1				
		6	5,27	14,5				
9	210	7	0,883	21,8	0,30	21,5	0,29	0,1
		8	0,001	21,3				
		9	0,001	21,5				
T=5 °C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2} (%)	y _{CO2} (%)	Média (y _{O2})	Média (y _{CO2})	EP (y _{O2})	EP (y _{CO2})
0	0	---	20,6	0,2	20,6	0,2	0	0
2	42	1	10,2	10,6	10,4	10,4	0,25	0,1
		2	10,9	10,2				
		3	10,1	10,5				
6	138	4	0,059	21,8	0,07	22,8	0,01	0,0
		5	16,8*	12,2*				
		6	0,072	23,7				
9	210	7	11,4*	5,9*	0,00	26,0	0,00	0,5
		8	0,001	25,5				
		9	0,000	26,5				

$$EP = DP / \sqrt{n}$$

*erro experimental, valor não considerado

Tabela XV – Medição da cor, no 1º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C

Cor														
T=2 °C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	80,28	-4,67	20,23	0,00	78,87	-4,67	20,19	0	0,77	0,04	0,29	0,00
		---	77,61	-4,74	20,66	0,00								
		---	78,71	-4,60	19,67	0,00								
4	92	1	77,89	-4,43	19,34	1,31	77,55	-4,46	19,44	1,65	0,23	0,05	0,52	0,37
		2	77,64	-4,55	20,38	1,25								
		3	77,12	-4,40	18,59	2,38								
6	140	4	75,07	-3,81	18,48	4,25	74,48	-3,83	18,79	4,71	0,46	0,15	0,24	0,38
		5	73,58	-3,58	19,27	5,48								
		6	74,78	-4,11	18,62	4,41								
10	236	7	75,87	-4,34	19,45	3,10	74,11	-3,88	20,60	4,92	1,80	0,45	0,69	1,89
		8	75,95	-4,33	20,50	2,95								
		9	70,50	-2,98	21,85	8,70								
12	289	10	71,20	-3,98	19,92	7,70	71,18	-2,82	21,36	8,27	0,77	1,04	1,46	1,25
		11	69,84	-0,75	24,28	10,66								
		12	72,50	-3,72	19,88	6,44								
T=5 °C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	80,28	-4,67	20,23	0,00	78,87	-4,67	20,19	0,00	0,77	0,04	0,29	0,00
		---	77,61	-4,74	20,66	0,00								
		---	78,71	-4,60	19,67	0,00								
4	92	1	73,53	-4,23	19,22	5,88	73,41	-4,22	20,05	6,03	0,94	0,05	0,63	0,79
		2	74,97	-4,29	19,66	4,73								
		3	71,72	-4,13	21,28	7,46								
6	140	4	72,21	-3,93	19,44	6,83	72,98	-3,92	20,47	6,13	0,82	0,06	0,69	0,81
		5	74,61	-4,01	20,21	4,52								
		6	72,11	-3,82	21,77	7,04								
10	236	7	68,09	-3,70	19,75	10,83	70,38	-3,46	20,50	8,57	1,27	0,26	0,43	1,25
		8	70,59	-3,75	20,52	8,35								
		9	72,47	-2,94	21,23	6,51								
12	289	10	61,64	-0,42	20,57	17,23	69,38	-2,94	21,07	12,89	3,87	1,28	0,34	3,42
		11	73,02	-3,80	21,71	6,15								
		12	73,47	-4,60	20,92	15,29								

Tabela XVI – Medição da cor, no 2º estudo da maçã, ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C

Cor														
T=0 °C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	80,54	3,16	16,75	0,00	79,23	3,81	18,19	0,00	0,85	0,37	0,87	0,00
		---	79,51	3,83	18,08	0,00								
		---	77,64	4,43	19,75	0,00								
2	42	1	78,70	3,99	20,10	1,99	78,44	3,54	20,18	2,24	0,50	0,24	0,62	0,71
		2	77,47	3,47	21,29	3,58								
		3	79,14	3,17	19,15	1,15								
6	138	4	76,04	2,47	23,28	6,15	76,04	2,53	23,08	5,97	0,26	0,11	0,28	0,38
		5	76,49	2,74	22,53	5,24								
		6	75,58	2,38	23,42	6,53								
9	210	7	76,35	1,02	22,82	6,12	77,52	1,78	22,05	4,72	0,59	0,39	0,40	0,71
		8	78,19	2,00	21,87	4,23								
		9	78,01	2,32	21,47	3,80								
T=5 °C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	80,54	-3,16	16,75	0,00	79,23	-3,81	18,19	0,00	0,85	0,37	0,87	0,00
		---	79,51	-3,83	18,08	0,00								
		---	77,64	-4,43	19,75	0,00								
2	42	1	78,91	-2,86	20,11	2,16	78,49	-2,92	19,67	1,97	0,30	0,16	0,39	0,27
		2	78,67	-2,69	18,89	1,43								
		3	77,90	-3,22	20,00	2,32								
6	138	4	74,19	-1,80	24,86	8,59	76,15	-2,80	23,03	5,98	1,28	0,50	0,91	1,35
		5	78,56	-3,37	22,20	4,09								
		6	75,70	-3,22	22,04	5,25								
9	210	7	72,99	-1,72	28,08	11,88	74,29	-2,07	23,88	7,86	0,77	0,41	2,29	2,23
		8	75,67	-2,88	20,19	4,19								
		9	74,22	-1,61	23,36	7,52								

Tabela XVII – Inspeção sensorial do 1º estudo da maçã ao longo do tempo de armazenamento a 2 e 5 °C

Inspeção Sensorial									
T=2 °C									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
4	92	1	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0				
		3	0,0	0	0				
6	140	4	11,3	17,3	0	20,7	20,0	4,7	2,7
		5	25,3	17,3	0				
		6	25,3	25,3	0				
10	236	7	10,0	25,3	0	14,0	25,3	4,0	0,0
		8	10,0	25,3	0				
		9	22,0	25,3	0				
12	289	10	18,0	29,3	0	20,4	29,3	2,4	0,0
		11	25,3	29,3	0				
		12	18,0	29,3	0				
T=5 °C									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
4	92	1	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0				
		3	0,0	0	0				
6	140	4	43,3	47,3	0	43,3	47,3	0,0	0,0
		5	43,3	47,3	0				
		6	43,3	47,3	0				
10	236	7	48,0	64,7	0	48,0	64,7	0,0	0,0
		8	48,0	64,7	0				
		9	48,0	64,7	0				
12	289	10	63,3	62,0	0	56,2	62,0	3,6	0,0
		11	52,7	62,0	0				
		12	52,7	62,0	0				

Tabela XVIII – Inspeção sensorial do 2º estudo da maçã ao longo do tempo de armazenamento a 0 e 5 °C

Inspeção sensorial									
T=0 °C									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
2	42	1	4,0	0	0	4,0	0,0	0,0	0,0
		2	4,0	0	0				
		3	4,0	0	0				
6	138	4	4,7	6,7	0	4,7	6,7	0,0	0,0
		5	4,7	6,7	0				
		6	4,7	6,7	0				
9	210	7	25,3	6,0	0	25,3	6,0	0,0	0,0
		8	25,3	6,0	0				
		9	25,3	6,0	0				
T=5 °C									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
2	42	1	6,7	0	0	6,7	0,0	0,0	0,0
		2	6,7	0	0				
		3	6,7	0	0				
6	138	4	16,0	12,0	0	16,0	12,0	0,0	0,0
		5	16,0	12,0	0				
		6	16,0	12,0	0				
9	210	7	37,3	10,7	0	33,3	10,7	2,0	0,0
		8	31,3	10,7	0				
		9	31,3	10,7	0				

Tabela XIX – Análise estatística do y_{O_2} para o 1º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{O_2} (Spreadsheet maca1.sta)				
	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	443,378	1	443,3782	1780238	0,000000
Temp	0,060	1	0,0601	241	0,000000
tempo	1713,815	3	571,2717	2293752	0,000000
Temp*tempo	0,163	3	0,0544	218	0,000000
Error	0,002	9	0,0002		

Tabela XX – Análise estatística do y_{O_2} para o 2º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{O_2} (Spreadsheet maca2.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1739,266	1	1739,266	14580,96	0,000000
Temp	34,019	1	34,019	285,20	0,000000
tempo	1432,914	3	477,638	4004,23	0,000000
Temp*tempo	30,734	3	10,245	85,88	0,000000
Error	1,670	14	0,119		

Tabela XXI – Análise estatística do y_{CO_2} para o 1º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{CO_2} (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5303,237	1	5303,237	6489,346	0,000000
Temp	46,705	1	46,705	57,150	0,000035
tempo	2498,915	3	832,972	1019,272	0,000000
Temp*tempo	22,175	3	7,392	9,045	0,004432
Error	7,355	9	0,817		

Tabela XXII – Análise estatística do y_{CO_2} para o 2º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{CO_2} (Spreadsheet maca2.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3417,188	1	3417,188	13968,07	0,000000
Temp	102,278	1	102,278	418,07	0,000000
tempo	1792,311	3	597,437	2442,08	0,000000
Temp*tempo	48,446	3	16,149	66,01	0,000000
Error	3,425	14	0,245		

Tabela XXIII – Análise estatística do L* para o 1º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for L* (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	96371,69	1	96371,69	30784,73	0,000000
Temp	0,05	1	0,05	0,02	0,899244
tempo	153,83	3	51,28	16,38	0,000347
Temp*tempo	7,81	3	2,60	0,83	0,506486
Error	31,31	10	3,13		

Tabela XXIV – Análise estatística do L* para o 2º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for L* (Spreadsheet maca2.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	143864,9	1	143864,9	86457,51	0,000000
Temp	3,5	1	3,5	2,10	0,166520
tempo	50,5	3	16,8	10,12	0,000558
Temp*tempo	12,1	3	4,0	2,43	0,103328
Error	26,6	16	1,7		

Tabela XXV – Análise estatística do a* para o 1º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for a* (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	254,2872	1	254,2872	413,6196	0,000000
Temp	0,8115	1	0,8115	1,3200	0,277326
tempo	6,0598	3	2,0199	3,2856	0,066684
Temp*tempo	3,3010	3	1,1003	1,7898	0,212592
Error	6,1479	10	0,6148		

Tabela XXVI – Análise estatística do a* para o 2º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for a* (Spreadsheet maca2.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	202,8272	1	202,8272	581,1113	0,000000
Temp	0,0015	1	0,0015	0,0043	0,948472
tempo	11,6375	3	3,8792	11,1141	0,000344
Temp*tempo	0,8079	3	0,2693	0,7716	0,526659
Error	5,5845	16	0,3490		

Tabela XXVII – Análise estatística do b* para o 1º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for b* (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7492,955	1	7492,955	5522,058	0,000000
Temp	0,262	1	0,262	0,193	0,669747
tempo	8,101	3	2,700	1,990	0,179488
Temp*tempo	4,644	3	1,548	1,141	0,379289
Error	13,569	10	1,357		

Tabela XXVIII – Análise estatística do b* para o 2º estudo da maçã

Effect	Univariate Tests of Significance for b* (Spreadsheet maca2.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10618,47	1	10618,47	3383,505	0,000000
Temp	0,60	1	0,60	0,192	0,667345
tempo	102,70	3	34,23	10,908	0,000380
Temp*tempo	4,78	3	1,59	0,508	0,682303
Error	50,21	16	3,14		

III. Estudo com maçã com tratamento térmico

Tabela XXIX – Temperatura na câmara de armazenamento no estudo com maçã que sofreu tratamento térmico

Controlo			TT(30s)			TT(60s)			TT(120s)		
t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	3	1,4	75	3	1,4	75	3	1,4	76	3	1,4
142	6	1,7	142	6	1,7	142	6	1,7	141	6	1,7
189	8	0,6	189	8	0,6	189	8	0,6	188	8	0,6
237	10	1,2	237	10	1,2	237	10	1,2	236	10	1,2
DP		0,7	DP		0,7	DP		0,7	DP		0,7

Tabela XXX – Perda de massa ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico

Perda de Massa (%)													
Controlo							TT(30s)						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
3	75	31,03	31,03	0,03	0,06	0,013	3	75	31,03	30,98	0,16	0,13	0,018
		32,87	32,87	0,07					32,87	32,83	0,12		
		30,41	30,41	0,07					30,41	30,38	0,10		
6	142	30,97	30,97	0,20	0,18	0,059	6	142	30,97	30,92	0,16	0,20	0,034
		30,32	30,32	0,07					30,32	30,24	0,26		
		30,41	30,41	0,27					30,41	30,36	0,16		
8	189	30,75	30,75	0,10	0,14	0,029	8	189	30,75	30,75	0,00	0,01	0,011
		31,26	31,26	0,14					31,26	31,26	0,00		
		31,32	31,32	0,20					31,32	31,31	0,03		
10	237	31,82	31,82	0,19	0,13	0,037	10	237	31,82	31,79	0,09	0,28	0,092
		31,98	31,98	0,13					31,98	31,86	0,38		
		30,19	30,19	0,07					30,19	30,08	0,36		
TT(60s)							TT(120s)						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
3	76	29,61	29,58	0,10	0,10	0,040	3	76	28,29	28,25	0,14	0,26	0,099
		29,02	28,97	0,17					28,82	28,77	0,17		
		28,76	28,75	0,03					28,78	28,65	0,45		
6	141	28,14	28,11	0,11	0,15	0,023	6	142	30,47	30,38	0,30	0,22	0,040
		28,60	28,55	0,17					27,21	27,16	0,18		
		28,81	28,76	0,17					29,91	29,86	0,17		
8	188	28,10	28,06	0,14	0,17	0,049	8	189	28,48	28,37	0,39	0,26	0,073
		29,93	29,85	0,27					31,34	31,26	0,26		
		28,79	28,76	0,10					30,02	29,98	0,13		
10	236	29,00	28,95	0,17	0,26	0,047	10	237	28,43	28,32	0,39	0,35	0,070
		29,95	29,85	0,33					31,98	31,91	0,22		
		29,43	29,35	0,27					30,87	30,73	0,45		

Tabela XXXI – Concentração dos gases dentro da embalagem ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico

Concentração do y _{O2} e y _{CO2}																	
Controlo									TT(30s)								
t(dia s)	t(h)	Fras co	y _{O2}	y _{C o2}	méd ia (y _{O2})	méd ia (y _{CO 2})	EP (y _{O 2})	EP (y _{CO 2})	t(dia s)	t(h)	Fras co	y _{O2}	y _{C o2}	méd ia (y _{O2})	méd ia (y _{CO 2})	EP (y _{O 2})	EP (y _{CO 2})
0	0	---	21, 4	0,2	21,4	0,2	0,0	0,0	0	0	---	21, 4	0,2	21,4	0,2	0,0	0,0
			21, 4	0,2								21, 4	0,2				
3	75	1	15, 0	6,1	15,7	5,3	0,5	0,6	3	75	1	17, 8	3,8	15,2	5,9	1,3	1,1
		2	15, 3	5,7							2	13, 5	7,4				
		3	16, 7	4,0							3	14, 3	6,4				
6	14 2	4	12, 6	10, 4	11,7	9,8	0,5	0,3	6	14 2	4	12, 7	8,5	10,7	9,9	1,0	0,7
		5	11, 0	9,8							5	9,6 0	10, 6				
		6	11, 5	9,3							6	9,6 8	10, 7				
8	18 9	7	9,8	12, 0	9,9	12,4	0,6	0,4	8	18 9	7	6,2 6	13, 9	5,8	14,1	0,2	0,2
		8	11, 0	13, 2							8	5,6 6	14, 4				
		9	8,8 8	12, 0							9	5,5 7	13, 9				
10	23 7	10	1,1 7	18, 7	1,1	18,5	0,0	0,4	10	23 7	10	2,1 3	17, 8	2,5	17,3	0,6	0,7
		11	1,1 2	19, 0							11	3,7 3	15, 9				
		12	1,0 1	17, 7							12	1,7 6	18, 3				
TT(60s)									TT(120s)								
t(dia s)	t(h)	Fras co	y _{O2}	y _{C o2}	méd ia (y _{O2})	méd ia (y _{CO 2})	EP (y _{O 2})	EP (y _{CO 2})	t(dia s)	t(h)	Fras co	y _{O2}	y _{C o2}	méd ia (y _{O2})	méd ia (y _{CO 2})	EP (y _{O 2})	EP (y _{CO 2})
0	0	---	21, 4	0,2	21,4	0,2	0,0	0,0	0	0	---	21, 4	0,2	21,4	0,2	0,0	0,0
			21, 4	0,2								21, 4	0,2				
3	76	1	17, 3	4,4	17,7	3,5	1,5	1,2	3	76	1	14, 0	6,6	14,3	6,4	0,1	0,3
		2	20, 4	1,1							2	14, 3	5,8				
		3	15, 4	5,1							3	14, 5	6,7				
6	14 1	4	14, 0	5,6	11,9	5,0	1,0	0,3	6	14 2	4	10, 6	11, 4	12,2	9,6	0,9	0,9
		5	11, 0	4,9							5	13, 7	8,2				
		6	10, 8	4,5							6	12, 4	9,3				
8	18	7	8,6	10,	7,8	11,1	0,5	0,4	8	18	7	8,6	12,	7,1	13,1	0,8	0,4

	8		4	3					9		4	3				
		8	7,1 6	11, 8						8	6,1 6	13, 8				
		9	7,4 5	11, 1						9	6,4 5	13, 1				
10	23 6	10	1,0 2	18, 7	1,7	17,3	0,5	0,7	10	23 7	10	1,6 1	17, 6	1,7	17,8	0,1 0,3
		11	2,7 1	16, 2							11	1,5 9	17, 3			
		12	1,3 6	17, 1							12	1,7 8	18, 4			

Tabela XXXII – Medição da cor ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico

Cor														
Controlo														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	78,92	4,15	22,08	0,00	79,83	4,24	22,16	0,00	0,80	0,20	0,31	0,00
		---	79,13	3,96	21,67	0,00								
		---	81,42	4,61	22,72	0,00								
3	75	1	78,02	4,74	22,21	1,87	78,01	4,89	23,49	2,66	1,16	0,08	1,09	1,32
		2	76,00	4,97	25,65	5,23								
		3	80,00	4,97	22,61	0,87								
6	142	4	78,28	4,26	22,69	1,63	76,96	4,11	23,15	3,11	0,85	0,10	0,71	1,02
		5	75,36	4,13	24,55	5,07								
		6	77,22	3,93	22,21	2,62								
8	189	7	78,53	3,69	21,41	1,59	77,72	3,98	22,92	2,48	0,55	0,15	0,79	0,63
		8	76,68	4,22	24,10	3,70								
		9	77,96	4,04	23,24	2,17								
10	237	10	77,20	4,18	23,04	2,77	77,13	4,23	23,07	2,88	0,76	0,13	0,51	0,87
		11	78,41	4,03	22,20	1,43								
		12	75,79	4,47	23,97	4,43								
TT(30s)														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	77,98	5,84	24,02	0,00	77,63	5,51	23,85	0,00	0,32	0,16	0,59	0,00
		---	77,92	5,39	22,76	0,00								
		---	76,99	5,32	24,78	0,00								

FCUP | 107

8	189	7	73,47	4,09	21,42	1,73	74,66	4,37	22,24	1,19	0,61	0,14	0,55	0,32
		8	75,05	4,50	23,29	1,21								
		9	75,48	4,51	22,03	0,63								
10	237	10	73,56	5,10	24,06	2,39	74,05	4,41	23,02	1,47	0,27	0,35	0,52	0,46
		11	74,10	4,13	22,53	1,09								
		12	74,48	4,01	22,48	0,93								

Tabela XXXIII – Inspeção sensorial ao longo do estudo com maçã que sofreu tratamento térmico

Inspeção Sensorial									
Controlo									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
3	75	1	2,7	4,0	0	2,7	4,0	0,0	0,0
		2	2,7	4,0	0				
		3	2,7	4,0	0				
6	142	4	6,0	6,7	0	6,0	6,7	0,0	0,0
		5	6,0	6,7	0				
		6	6,0	6,7	0				
8	189	7	6,0	7,3	0	6,0	7,3	0,0	0,0
		8	6,0	7,3	0				
		9	6,0	7,3	0				
10	237	10	13,3	25,3	0	13,3	25,3	0,0	0,0
		11	13,3	25,3	0				
		12	13,3	25,3	0				
TT(30s)									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
3	75	1	2,7	4,3	0	2,7	4,3	0,0	0,0

		2	2,7	4,3	0				
		3	2,7	4,3	0				
6	142	4	7,3	6,7	0				
		5	7,3	6,7	0	7,3	6,7	0,0	0,0
		6	7,3	6,7	0				
8	189	7	9,3	19,3	0				
		8	9,3	19,3	0	9,3	19,3	0,0	0,0
		9	9,3	19,3	0				
10	237	10	19,3	44,7	0				
		11	19,3	44,7	0	19,3	44,7	0,0	0,0
		12	19,3	44,7	0				
TT(60s)									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro Desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
3	76	1	2,7	4,7	0				
		2	2,7	4,7	0	2,7	4,7	0,0	0,0
		3	2,7	4,7	0				
6	141	4	7,3	6,7	0				
		5	7,3	6,7	0	7,3	6,7	0,0	0,0
		6	7,3	6,7	0				
8	188	7	11,3	19,3	0				
		8	11,3	19,3	0	11,3	19,3	0,0	0,0
		9	11,3	19,3	0				
10	236	10	19,3	44,7	0				
		11	19,3	44,7	0	19,3	44,7	0,0	0,0
		12	19,3	44,7	0				
TT(120s)									
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cheiro desagradável (%)	Média		EP	
						Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)	Cor Acastanhada (%)	Exsudação (%)
3	76	1	2,7	4,9	0				
		2	2,7	4,9	0	2,7	4,9	0,0	0,0
		3	2,7	4,9	0				
6	142	4	9,3	6,7	0				
		5	9,3	6,7	0	9,3	6,7	0,0	0,0
		6	9,3	6,7	0				
8	189	7	25,3	19,3	0				
		8	25,3	19,3	0	25,3	19,3	0,0	0,0
		9	25,3	19,3	0				
10	237	10	30,7	52,7	0				
		11	30,7	52,7	0	30,7	52,7	0,0	0,0
		12	30,7	52,7	0				

Tabela XXXIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo da maçã com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{O_2} (Spreadsheet macaTT .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7372,152	1	7372,152	4816,051	0,000000
Tratamento	9,076	3	3,025	1,976	0,134913
tempo	2298,272	4	574,568	375,352	0,000000
Tratamento*tempo	41,624	12	3,469	2,266	0,028964
Error	55,107	36	1,531		

Tabela XXXV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo da maçã com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{CO_2} (Spreadsheet macaTT .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4307,610	1	4307,610	3879,435	0,000000
Tratamento	39,194	3	13,065	11,766	0,000016
tempo	1848,415	4	462,104	416,171	0,000000
Tratamento*tempo	36,335	12	3,028	2,727	0,009912
Error	39,973	36	1,110		

Tabela XXXVI – Análise estatística do L^* para o estudo da maçã com tratamento térmico

Univariate Tests of Significance for L* (Spreadsheet macaTT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	339785,1	1	339785,1	233179,5	0,000000
Tratamento	161,6	3	53,9	37,0	0,000000
tempo	78,2	4	19,6	13,4	0,000001
Tratamento*tempo	43,1	12	3,6	2,5	0,016356
Error	58,3	40	1,5		

Tabela XXXVII – Análise estatística do a* para o estudo da maçã com tratamento térmico

Univariate Tests of Significance for a* (Spreadsheet macaTT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1335,043	1	1335,043	5440,244	0,000000
Tratamento	5,679	3	1,893	7,714	0,000351
tempo	4,447	4	1,112	4,530	0,004113
Tratamento*tempo	1,280	12	0,107	0,435	0,939356
Error	9,816	40	0,245		

Tabela XXXVIII – Análise estatística do b* para o estudo da maçã com tratamento térmico

Univariate Tests of Significance for b* (Spreadsheet macaTT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	33239,33	1	33239,33	16459,45	0,000000
Tratamento	52,46	3	17,49	8,66	0,000150
tempo	16,65	4	4,16	2,06	0,104021
Tratamento*tempo	19,39	12	1,62	0,80	0,647943
Error	80,78	40	2,02		

IV. Estudo com morangos sem tratamento térmico

Tabela XXXIX – Temperatura nas câmaras de armazenamento do estudo do morango que não sofreu tratamento térmico

t	0°C	5°C
26-Mai	0	5
27-Mai	1,1	4
29-Mai	0,8	5
01-Jun	1	5
03-Jun	0,8	4
DP	0,4	0,5

Tabela XL – Perda de massa ao longo do estudo com morango que não sofreu tratamento térmico

Perda de Massa (%)														
T=0°C							T=5°C							
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	
1	23	37,85	37,80	0,13	0,11	0,025	1	23	39,57	39,56	0,03	0,03	0,008	
		36,11	36,09	0,06					38,95	38,93	0,05			
		38,06	38,01	0,13					37,19	37,18	0,03			
3	71	36,65	36,58	0,19	0,12	0,041	3	71	38,39	38,35	0,10	0,09	0,009	
		38,83	38,79	0,10					38,50	38,47	0,08			
		38,80	38,78	0,05					39,99	39,96	0,08			
6	143	38,17	38,08	0,24	0,15	0,065	6	143	39,14	39,10	0,10	0,06	0,031	
		39,32	39,31	0,03					38,67	38,64	0,08			
		39,93	39,85	0,20					39,52	39,52	0,00			
8	191	37,15	37,10	0,13	0,13	0,013	8	191	39,30	39,24	0,15	0,10	0,029	
		39,57	39,51	0,15					39,10	39,08	0,05			
		37,95	37,91	0,11					37,69	37,65	0,11			

Tabela XLI – Concentração gases dentro da embalagem no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico

Concentração do y _{O2} e y _{CO2}								
T=0°C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{CO2}	média (y _{O2})	média (y _{CO2})	EP(y _{O2})	EP(y _{CO2})
0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0
			20,4	0,2				
1	23	1	11,2	6,6	11,7	6,5	0,4	0,1
		2	11,4	6,6				
		3	12,5	6,2				
3	71	4	8,14	9,0	7,3	10,0	1,1	0,8
		5	8,71	9,6				
		6	5,02	11,5				
6	143	7	0,076	23,8	0,0	24,6	0,0	0,6
		8	0,020	24,2				
		9	0,003	25,9				
8	191	10	0,017	24,0	0,0	27,0	0,0	1,6
		11	0,006	29,3				
		12	0,016	27,8				
T=5°C								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{CO2}	média (y _{O2})	média (y _{CO2})	EP(y _{O2})	EP(y _{CO2})
0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0
			20,4	0,2				
1	23	1	7,29	9,5	7,6	9,5	0,2	0,0
		2	7,51	9,6				
		3	7,97	9,5				
3	71	4	0,005	22,1	0,0	21,8	0,0	0,2
		5	0,003	21,9				
		6	0,018	21,5				
6	143	7	0,000	31,1	0,0	31,3	0,0	0,3
		8	0,000	31,8				
		9	0,000	30,9				
8	191	10	0,000	36,7	0,0	36,6	0,0	1,3
		11	0,000	38,8				
		12	0,000	34,2				

Tabela XLII – Medição da cor no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico

Cor														
T=0°C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	29,03	31,79	4,18	0,00	29,64	29,43	4,09	0,00	0,31	1,19	0,06	0,00
		---	30,06	28,51	4,11	0,00								
		---	29,82	28,00	3,98	0,00								
1	23	1	32,14	35,25	8,51	7,72	29,42	34,84	7,55	6,73	1,43	0,90	0,51	1,06
		2	27,27	36,15	7,39	7,85								
		3	28,85	33,11	6,76	4,61								
3	71	4	27,78	33,75	8,53	6,46	27,40	34,57	7,81	6,87	0,62	0,43	0,65	0,25
		5	26,19	34,78	6,51	6,81								
		6	28,24	35,19	8,40	7,33								
6	143	7	23,84	32,75	5,07	6,75	26,10	34,31	6,04	6,80	1,61	0,85	0,48	0,69
		8	25,25	35,67	6,58	8,03								
		9	29,21	34,52	6,46	5,63								
8	191	10	27,07	32,74	6,22	4,70	26,46	31,05	6,89	4,95	1,34	0,85	0,34	0,84
		11	23,88	29,97	7,08	6,50								
		12	28,42	30,45	7,36	3,64								
T=5°C														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	29,03	31,79	4,18	0,00	29,64	29,43	4,09	0,00	0,31	1,19	0,06	0,00
		---	30,06	28,51	4,11	0,00								
		---	29,82	28,00	3,98	0,00								
1	23	1	33,40	26,97	4,14	4,50	32,34	29,20	5,37	5,24	1,12	2,47	1,48	0,56
		2	30,11	34,13	8,31	6,33								
		3	33,51	26,50	3,66	4,88								
3	71	4	28,62	35,19	10,01	8,32	27,71	34,00	7,57	6,22	0,49	0,73	1,22	1,14
		5	26,94	34,17	6,40	5,92								
		6	27,59	32,66	6,30	4,41								
6	143	7	27,50	35,03	4,49	6,00	28,75	34,24	6,27	5,60	0,63	0,77	0,92	0,69
		8	29,43	34,99	7,53	6,54								
		9	29,32	32,69	6,80	4,25								

8	191	10	28,16	33,37	8,09	5,80	28,13	32,28	7,63	5,02	0,26	0,95	0,58	0,40
		11	27,67	33,07	6,47	4,77								
		12	28,56	30,38	8,33	4,48								

Tabela XLIII – Inspeção sensorial no estudo do morango que não sofreu tratamento térmico

Inspeção Sensorial							
T=0°C							
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média Cor (%)	EP Cor (%)
1	23	1	0,0	0	0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0		
		3	0,0	0	0		
3	71	4	6,0	0	0	6,9	0,9
		5	8,7	0	0		
		6	6,0	0	0		
6	143	7	20,0	0	0	20,0	0,0
		8	20,0	0	0		
		9	20,0	0	0		
8	191	10	26,0	0	0	26,0	0,0
		11	26,0	0	0		
		12	26,0	0	0		
T=5°C							
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média Cor (%)	EP Cor (%)
1	23	1	0,0	0	0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0		
		3	0,0	0	0		
3	71	4	14,0	0	0	14,0	0,0
		5	14,0	0	0		
		6	14,0	0	0		
6	143	7	25,3	0	0	25,3	0,0
		8	25,3	0	0		
		9	25,3	0	0		
8	191	10	35,3	0	0	35,3	0,0
		11	35,3	0	0		
		12	35,3	0	0		

Tabela XLIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo do morango sem tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{O_2} (Spreadsheet morango .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1240,209	1	1240,209	2448,930	0,000000
Temp	35,676	1	35,676	70,447	0,000000
tempo	1371,149	4	342,787	676,871	0,000000
Temp*tempo	62,820	4	15,705	31,011	0,000000
Error	9,116	18	0,506		

Tabela XLV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo do morango sem tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{CO_2} (Spreadsheet morango .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7676,088	1	7676,088	4294,537	0,000000
Temp	262,655	1	262,655	146,947	0,000000
tempo	3629,598	4	907,400	507,662	0,000000
Temp*tempo	115,738	4	28,934	16,188	0,000009
Error	32,173	18	1,787		

Tabela XLVI – Análise estatística do L^* para o estudo do morango sem tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for L^* (Spreadsheet morango .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	24467,52	1	24467,52	9092,218	0,000000
Temp	17,14	1	17,14	6,370	0,020177
tempo	62,64	4	15,66	5,820	0,002834
Temp*tempo	10,56	4	2,64	0,981	0,440095
Error	53,82	20	2,69		

Tabela XLVII – Análise estatística do a* para o estudo do morango sem tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for a* (Spreadsheet morango .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31369,02	1	31369,02	7801,470	0,000000
Temp	7,68	1	7,68	1,910	0,182175
tempo	99,33	4	24,83	6,176	0,002097
Temp*tempo	42,71	4	10,68	2,655	0,063126
Error	80,42	20	4,02		

Tabela XLVIII – Análise estatística do b* para o estudo do morango sem tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for b* (Spreadsheet morango .sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1202,510	1	1202,510	679,6849	0,000000
Temp	0,630	1	0,630	0,3563	0,557239
tempo	46,681	4	11,670	6,5963	0,001485
Temp*tempo	7,520	4	1,880	1,0627	0,400719
Error	35,384	20	1,769		

V. Estudo com morangos com tratamento térmico

Tabela XLIX – Temperatura nas câmaras de armazenamento do estudo do morango que sofreu tratamento térmico

TT1(30s)			TT1(60s)			TT2(30s)			TT2(60s)		
t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C	t(h)	t(dias)	0°C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1,7	16	1	1,7	17	1	1,7	18	1	1,7
64	3	2,2	64	3	2,2	65	3	2,2	66	3	2,2
DP		1,2	DP		1,2	DP		1,2	DP		1,2

Tabela L – Perda de massa ao longo do estudo com morango que sofreu tratamento térmico

Perda de Massa (%)													
TT1(30s)							TT1(60s)						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
1	16	37,86	37,82	0,11	0,10	0,009	1	16	37,14	37,09	0,135	0,13	0,008
		38,23	38,20	0,08					36,71	36,67	0,109		
		38,72	38,68	0,10					38,00	37,95	0,132		
3	64	37,79	37,72	0,19	0,25	0,034	3	64	39,46	39,43	0,076	0,09	0,010
		39,70	39,58	0,30					39,84	39,81	0,075		
		38,33	38,23	0,26					38,30	38,26	0,104		
TT2(30s)							TT2(60s)						
t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP	t(dias)	t(h)	m _{inicial} (g)	m _{final} (g)	Perda de massa (%)	Média (%)	EP
1	17	37,22	37,19	0,08	0,06	0,018	1	18	39,37	39,32	0,13	0,61	0,484
		37,78	37,77	0,03					38,44	38,39	0,13		
		38,37	38,34	0,08					37,96	37,36	1,58		
3	65	38,99	38,97	0,05	0,28	0,244	3	66	39,98	39,94	0,10	1,12	0,547
		38,44	38,43	0,03					36,35	35,88	1,29		
		37,66	37,37	0,77					39,09	38,32	1,97		

Tabela LI – Concentração gases dentro da embalagem no estudo do morango que sofreu tratamento térmico

Concentração do y _{O2} e C _{O2}																	
TT1(30s)									TT1(60s)								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{Co2}	média (y _{O2})	média (y _{Co2})	EP (y _{O2})	EP (y _{Co2})	t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{Co2}	média (y _{O2})	média (y _{Co2})	EP (y _{O2})	EP (y _{Co2})
0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0	0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0
			20,4	0,2								20,4	0,2				
1	16	1	13,5	5,4	13,2	5,6	0,1	0,2	1	16	1	13,6	5,4	13,3	5,6	0,2	0,1
		2	13,2	5,5							2	13,4	5,7				
		3	13,0	6,0							3	13,0	5,6				
3	64	4	9,60	9,6	8,2	10,2	1,3	1,0	3	64	4	1,9	13,3	4,0	12,3	1,1	0,6
		5	5,49	12,1							5	5,6	12,3				
		6	9,42	8,9							6	4,6	11,2				
TT2(30s)									TT2(60s)								
t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{Co2}	média (y _{O2})	média (y _{Co2})	EP (y _{O2})	EP (y _{Co2})	t(dias)	t(h)	Frasco	y _{O2}	y _{Co2}	média (y _{O2})	média (y _{Co2})	EP (y _{O2})	EP (y _{Co2})
0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0	0	0	---	20,4	0,2	20,4	0,2	0,0	0,0
			20,4	0,2								20,4	0,2				
1	17	1	14,3	4,7	14,5	4,6	0,3	0,1	1	18	1	14,5	4,4	15,4	4,2	1,0	0,4
		2	15,1	4,3							2	14,2	4,7				
		3	14,2	4,7							3	17,4	3,5				
3	65	4	0,78	14,0	3,0	12,3	1,3	1,0	3	66	4	0,3	14,3	0,9	14,2	0,8	0,6
		5	2,98	12,5							5	2,4	13,1				
		6	5,20	10,5							6	0,1	15,2				

Tabela LII – Medição da cor no estudo do morango que sofreu tratamento térmico

Cor														
TT1(30s)														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	34,08	32,04	11,30	0,00	35,11	30,31	8,39	0,00	0,51	1,46	1,54	0,00
		---	35,59	31,48	7,83	0,00								
		---	35,65	27,40	6,05	0,00								
1	16	1	29,20	36,30	9,93	8,56	29,92	35,57	10,87	8,07	0,37	0,43	1,55	0,70
		2	30,40	35,59	13,90	8,96								
		3	30,17	34,81	8,77	6,69								
3	64	4	28,90	34,69	4,17	8,69	28,32	36,10	8,10	9,68	0,67	1,60	2,16	0,82
		5	29,07	39,30	11,64	11,30								
		6	26,98	34,32	8,48	9,06								
TT1(60s)														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	37,59	28,53	5,77	0,00	36,90	27,82	6,20	0,00	0,48	0,61	0,50	0,00
		---	35,97	28,31	5,65	0,00								
		---	37,13	26,61	7,20	0,00								
1	16	1	29,56	33,93	7,60	9,65	29,63	35,32	8,80	10,99	0,64	1,07	1,26	0,82
		2	28,56	34,61	7,48	10,82								
		3	30,77	37,42	11,32	12,48								
3	64	4	27,44	33,18	6,53	10,87	28,91	32,99	7,46	9,65	0,73	0,27	0,57	0,65
		5	29,61	33,35	8,50	9,43								
		6	29,68	32,45	7,34	8,65								
TT2(30s)														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	33,24	29,05	5,99	0,00	30,45	31,04	7,02	0,00	1,45	1,04	0,57	0,00
		---	28,39	31,54	7,12	0,00								
		---	29,72	32,53	7,96	0,00								
1	17	1	30,11	34,74	8,10	3,87	29,31	33,59	6,75	3,14	0,41	0,78	0,68	0,47
		2	29,04	33,92	6,19	3,31								
		3	28,78	32,10	5,94	2,26								
3	65	4	29,46	31,97	6,46	2,26	28,51	32,74	6,92	2,61	0,86	0,48	0,72	0,78
		5	26,80	32,61	5,97	1,47								
		6	29,28	33,63	8,32	4,11								

TT2(60s)														
t(dias)	t(h)	Frasco	L*	a*	b*	ΔE	Média				EP			
							L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
0	0	---	27,45	28,22	4,65	0,00	32,39	28,61	5,27	0,00	2,67	0,57	0,31	0,00
		---	33,10	29,74	5,64	0,00								
		---	36,62	27,88	5,51	0,00								
1	18	1	26,84	23,09	4,32	7,89	26,33	21,89	4,19	9,12	0,45	0,74	0,11	0,85
		2	26,72	22,06	4,26	8,73								
		3	25,44	20,53	3,98	10,74								
3	66	4	21,99	17,71	3,46	15,18	24,30	19,94	3,85	11,94	1,16	1,11	0,19	1,62
		5	25,46	21,06	4,04	10,33								
		6	25,46	21,06	4,04	10,33								

Tabela LIII – Inspeção sensorial no estudo do morango que sofreu tratamento térmico

Inspeção Sensorial															
TT1(30s)								TT1(60s)							
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média	EP	t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média	EP
						Cor (%)	Cor (%)							Cor (%)	Cor (%)
1	16	1	0,0	0	0	0,0	0,0	1	16	1	0,0	0	0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0					2	0,0	0	0		
		3	0,0	0	0					3	0,0	0	0		
3	64	4	6,0	0	0	6,0	0,0	3	64	4	6,0	0	0	6,0	0,0
		5	6,0	0	0					5	6,0	0	0		
		6	6,0	0	0					6	6,0	0	0		
TT2(30s)								TT2(60s)							
t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média	EP	t(dias)	t(h)	Frasco	Cor (%)	Podridão (%)	Cheiro desagradável (%)	Média	EP
						Cor (%)	Cor (%)							Cor (%)	Cor (%)
1	17	1	0,0	0	0	0,0	0,0	1	18	1	0,0	0	0	0,0	0,0
		2	0,0	0	0					2	0,0	0	0		
		3	0,0	0	0					3	0,0	0	0		
3	65	4	6,0	0	0	6,0	0,0	3	66	4	6,0	0	0	6,0	0,0
		5	6,0	0	0					5	6,0	0	0		
		6	6,0	0	0					6	6,0	0	0		

Tabela LIV – Análise estatística do y_{O_2} para o estudo do morango com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{O_2} (Spreadsheet morango TT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6421,812	1	6421,812	3414,383	0,000000
Tratamento	13,420	4	3,355	1,784	0,163655
tempo	1550,156	2	775,078	412,098	0,000000
Tratamento*tempo	114,962	8	14,370	7,640	0,000038
Error	47,020	25	1,881		

Tabela LV – Análise estatística do y_{CO_2} para o estudo do morango com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for y_{CO_2} (Spreadsheet morango TT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1281,683	1	1281,683	1532,625	0,000000
Tratamento	3,627	4	0,907	1,084	0,385477
tempo	841,329	2	420,665	503,027	0,000000
Tratamento*tempo	40,939	8	5,117	6,119	0,000213
Error	20,907	25	0,836		

Tabela LVI – Análise estatística do L^* para o estudo do morango com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for L^* (Spreadsheet morango TT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39880,22	1	39880,22	12281,18	0,000000
Tratamento	102,53	4	25,63	7,89	0,000180
tempo	235,26	2	117,63	36,23	0,000000
Tratamento*tempo	78,34	8	9,79	3,02	0,013133
Error	97,42	30	3,25		

Tabela LVII – Análise estatística do a* para o estudo do morango com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for a* (Spreadsheet morango TT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	43200,36	1	43200,36	16727,97	0,000000
Tratamento	652,32	4	163,08	63,15	0,000000
tempo	60,57	2	30,29	11,73	0,000173
Tratamento*tempo	279,32	8	34,92	13,52	0,000000
Error	77,48	30	2,58		

Tabela LVIII – Análise estatística do b* para o estudo do morango com tratamento térmico

Effect	Univariate Tests of Significance for b* (Spreadsheet morango TT.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2132,210	1	2132,210	773,6946	0,000000
Tratamento	103,715	4	25,929	9,4086	0,000047
tempo	15,507	2	7,754	2,8135	0,075882
Tratamento*tempo	37,834	8	4,729	1,7161	0,135422
Error	82,676	30	2,756		

VI. Simulação da evolução dos gases de fruta fresca pré-cortada em embalagem hermeticamente fechada para o acompanhamento de iogurtes

Tabela LIX – Simulação da evolução dos gases para a maçã a 0, 2 e 5 °C

Maçã							
T °C	RR (mL kg⁻¹ h⁻¹)	Y_{O2}(%)/100	y_{CO2}(%)/100	m(kg)	V_{livre} (mL)	tf (h)	tf (dias)
0	2,41	0,21	0,002	0,05	90,10	156	6
2	2,85	0,21	0,002	0,05	90,10	132	5
5	3,05	0,21	0,002	0,05	90,10	123	5

Tabela LX – Evolução do y_{O2} e do y_{CO2} da simulação e do y_{O2} e do y_{CO2} experimental de maçã armazenados a 0 °C

Maçã					
T=0°C					
t (h) S	y_{O2} (S)	y_{CO2} (S)	t (h) E	y_{O2} (E)	y_{CO2} (E)
0	21,0	0,2	0	20,6	0,2
30	17,0	4,2	42	14,8	5,9
60	13,0	8,2	138	5,41	14,4
90	9,0	12,2	210	0,295	21,5
120	5,0	16,2			
150	0,9	20,3			
155	0,3	20,9			

Tabela LXI – Evolução do y_{O2} e do y_{CO2} da simulação e do y_{O2} e do y_{CO2} experimental de maçã armazenados a 2 °C

Maçã					
T=2°C					
t (h) S	y_{O2} (S)	y_{CO2} (S)	t (h) E	y_{O2} (E)	y_{CO2} (E)
0	21,0	0,2	0	21,2	0,2
30	16,3	4,9	92	4,7	12,7
60	11,5	9,7	140	0,43	17,9
90	6,8	14,4	236	0,005	23,5
120	2,0	19,2	289	0,003	25,6
125	1,2	20,0			
130	0,4	20,8			

Tabela LXII – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de maçã armazenados a 5 °C

Maçã					
T=5°C					
t (h) S	y_{O_2} (S)	y_{CO_2} (S)	t (h) E	y_{O_2} (E)	y_{CO_2} (E)
0	21,0	0,2	0	21,2	0,2
30	15,9	5,3	92	2,43	17,4
60	10,8	10,4	140	0,028	23,5
90	5,8	15,4	236	0,006	27,4
120	0,7	20,5	289	0	29,6
123	0,2	21,0			
124	0,0	21,2			

Tabela LXIII – Simulação da evolução dos gases para a morango a 0 e 5 °C

Morango							
T °C	RR (mL kg ⁻¹ h ⁻¹)	$y_{O_2}(\%)/100$	$y_{CO_2}(\%)/100$	m (kg)	V_{livre} (mL)	tf (h)	tf (dias)
0	7,6	0,21	0,002	0,04	103	70	3
5	14,1	0,21	0,002	0,04	102	37,6	2

Tabela LXIV – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de morango armazenados a 0 °C

Morango					
T=0°C					
t (h) S	y_{O_2} (S)	y_{CO_2} (S)	t (h) E	y_{O_2} (E)	y_{CO_2} (E)
0	21,0	0,2	0	20,4	0,2
30	8,3	12,9	23	11,7	6,5
35	6,2	15,0	71	7,29	24,6
40	4,1	17,1	143	0,033	27,0
45	2,0	19,2			
47	1,2	20,0			
49	0,3	20,9			
55		23,4			
60		25,5			
65		27,6			

Tabela LXV – Evolução do y_{O_2} e do y_{CO_2} da simulação e do y_{O_2} e do y_{CO_2} experimental de morango armazenados a 5 °C

Morango					
T=5°C					
t (h) S	y_{O_2} (S)	y_{CO_2} (S)	t (h) E	y_{O_2} (E)	y_{CO_2} (E)
0	21,0	0,2	0	20,4	0,2
10	13,2	8,0	23	7,6	9,5
20	5,4	15,8	71	0,0	21,8
25	1,4	19,8	143	0,0	31,3
26	0,7	20,5			
30	-	23,7			
40	-	31,5			
45	-	35,4			